

TARTU ÜLIKOOL

Sporditeaduste ja füsioteraapia instituut

Liina Lattik

**Reie-nelipealihase funktsionaalse seisundi taastumise
dünaamika põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsiooni
järgselt meestel**

**Recovery of quadriceps femoris muscle function after anterior cruciate
ligament reconstruction in men**

Magistritöö

Füsioteraapia õppekava

Juhendaja:

Professor M. Pääsuke

Tartu, 2017

SISUKORD

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID.....	4
UURIMISTÖÖ LÜHIÜLEVAADE.....	5
ABSTRACT	6
SISSEJUHATUS	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	8
1.1. Põlveliigese eesmise ristatisideme vigastused ja ravi	8
1.2. Põlveliigese eesmise ristatisideme postoperatiivne taastusravi	10
1.2.1. Külmaravi postoperatiivses taastusravis	11
1.2.2. Lihaste elektrostimulatsioon postoperatiivses taastusravis	12
2. UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED	13
3. UURIMISTÖÖ METOODIKA	14
3.1. Vaatlusalused.....	14
3.2. Uurimismeetodid	14
3.2.1. Antropomeetrilised mõõtmised	14
3.2.2. Põlveliigese ja reie ümbermõõtude mõõtmine	15
3.2.3. Valu hindamine	16
3.2.4. Elektromüograafia.....	17
3.2.5. Isokineetiline dünamomeetria	18
3.2.6. Ravimeetodid	19
3.3. Uuringu korraldus	20
3.4. Andmete statistiline analüüs	21
4. UURIMISTÖÖ TULEMUSED	22
4.1. Reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsuse dünaamika tahtelisel isomeetrilisel pingutusel pre- ja postoperatiivselt	22
4.2. Reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsuse dünaamika tahtelisel isomeetrilisel pingutusel elektrostimulatsiooni ja külmaravi järgselt	22
4.3. Valu dünaamika pre- ja postoperatiivselt	26
4.4. Ümbermõõtude dünaamika pre- ja postoperatiivselt	27
4.5. Isokineetilise jõu näitajate dünaamika pre- ja postoperatiivselt	27
4.6. Korrelatsioonanalüüs	30
5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU.....	32
5.1. Reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsuse dünaamika tahtelisel isomeetrilisel pingutusel.....	32
5.2. Valu, ümbermõõtude ja isokineetilise jõu näitajate dünaamika	34
5.3. Korrelatiivsed seosed, limiteerivad faktorid ja praktilised väljundid	35

6. JÄRELDUSED	37
KASUTATUD KIRJANDUS	38
LISAD	43
Lisa 1. Uuritava nõusolekuleht	44
Lisa 2. Voolutugevus lihaste elektrostimulatsioonil	47
Lisa 3. Harjutuskava põlveliigese eesmise ristatasime rekonstruktsiooni järgselt	48
TÄNUAVALDUS	54
Autori lihtlitsents töö avaldamiseks	55

TÖÖS KASUTATUD LÜHENDID

ACL - (ingl. *anterior cruciate ligament*) eesmine ristatiside

AMI - (ingl. *arthrogenic muscle inhibition*) artrogeenne lihasinhibitsioon

EMG - (ingl. *electromyography*) elektromüograafia

EMS - (ingl. *electrical muscle stimulation*) lihaste elektrostimulatsioon

ES - (ingl. *effect size*) kliiniline olulisus

RF - (ingl. *m. rectus femoris*) reie sirglihas

VAS - (ingl. *Visual Analogue Scale*) visuaalne analoogskaala

VL - (ingl. *m. vastus lateralis*) külgmine pakslihas

VM - (ingl. *m. vastus medialis*) keskmine pakslihas

UURIMISTÖÖ LÜHIÜLEVAADE

Eesmärk: Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada reie-nelipealihase funktsionaalse seisundi taastumise dünaamika põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsiooni korral varajasel operatsiooni järgsel perioodil meestel.

Metoodika: Uuritavateks olid 14 meest keskmise vanusega $31,9 \pm 2$ aastat, kellel teostati põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsioon. Vaatlusalustel hinnati reie-nelipealihase tahtelist aktivatsioonivõimet elektromüograafilise aktiivsuse amplituudi järgi maksimaalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel preoperatiivselt, 1. postoperatiivsel päeval enne ja pärast ravi, 5. postoperatiivsel päeval ja 4 kuud pärast operatsiooni. Preoperatiivselt ja 4 kuud postoperatiivselt määrati isokineetilise jõu moment sääre sirutusel ja painutusel tervel ja vigastatud jalal nurkkiirustel $180^\circ/\text{s}$ ja $60^\circ/\text{s}$. Preoperatiivselt, postoperatiivselt 1. ja 5. päeval mõõdeti vigastatud jala põlveliigese ja reielihaste ümbermöödud ja hinnati valu VAS-skaalal. Valu hinnati lisaks 4 kuu möödudes operatsioonist. Viiel järjestikusel postoperatiivsel päeval teostati taastusravina reie-nelipealihasele elektrostimulatsiooni (30 Hz, 25 min) ja külmaravi ($+5^\circ\text{C}$, 30 min). Alates 1. postoperatiivsest päevast teostasid uuritavad terapeutilisi harjutusi vähemalt nelja kuu möödumiseni operatsioonist.

Tulemused: Esimesel postoperatiivsel päeval oli reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsus maksimaalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel vähenenud ($p < 0,05$) võrreldes preoperatiivse tasemega. Postoperatiivselt tekkisid opereeritud põlveliigese piirkonda märkimisväärne turse ja valu. Esimese 5 postoperatiivse päevaga suurenes ($p < 0,05$) reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsus maksimaalsel pingutusel, vähenesid ($p < 0,05$) ümbermöödud ja valu. Vahetult pärast lihaste elektrostimulatsiooni toimus ulatuslikum reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsuse tõus tahtelisel pingutusel võrreldes külmaraviga. Reie-nelipealihase aktivatsioonivõime hinnatuna elektromüograafilise aktiivsuse järgi ja isokineetiline jõud olid 4 kuu möödudes operatsioonist taastunud preoperatiivsele tasemele.

Kokkuvõte: Esimesel postoperatiivsel nädalal esineb reie-nelipealihase tahtelise aktivatsioonivõime ulatuslik langus, tekib turse ja valu põlveliigese piirkonnas. Postoperatiivselt tõstab ravina kasutatud elektrostimulatsioon reie-nelipealihase tahtelist aktivatsioonivõimet rohkem kui külmaravi. Neljandaks postoperatiivseks kuuks on reie-nelipealihase tahteline aktivatsioonivõime ja jõud taastunud preoperatiivsele tasemele.

Märksõnad: elektromüograafilise aktiivsus, elektrostimulatsioon, külmaravi, põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsioon, reie-nelipealihase.

ABSTRACT

Aim: The aim of this study was to assess the recovery of the function of quadriceps femoris muscle after anterior cruciate ligament reconstruction in early postoperative period in men.

Methods: Fourteen men ($31,9 \pm 2$ years) participated in this study. Subjects went under anterior cruciate ligament reconstruction. Electromyographic activity of quadriceps femoris muscle was measured preoperatively, on 1st postoperative day before and after treatment, on 5th postoperative day and four months postoperatively. Isokinetic strenght of knee extensor and flexor muscles was measured preoperatively and four months postoperatively. Knee and thigh muscles circumferences were measured preoperatively, on 1st and on 5th postoperative day. Pain was assessed on VAS-scale preoperatively, on 1st and on 5th postoperative day and four months postoperatively. The patients received electrical muscle stimulation (30 Hz, 25 min) and cryotherapy ($+5^{\circ}$ C, 30 min) on quadriceps femoris muscle in five consecutive postoperative days. Therapeutic exercises were done since 1st postoperative day to at least four month after surgery.

Results: Electromyographic activity of quadriceps femoris muscle dropped significantly ($p < 0,05$) postoperatively. Knee and thigh circumferences, and pain increased significantly on 1st postoperative week. On 1st postoperative week, electromyographic activity of quadriceps femoris muscle increased significantly, circumferences and pain dropped. Electromyographic activity of quadriceps femoris muscle increased in greate extent ($p < 0,05$) immediately after electrical muscle stimulation than after cryotherapy. Electromyographic activity and isokinetic strenght of quadriceps femoris muscle recovered to preoperative level four months after surgery.

Conclusion: On first week after anterior cruciate ligament reconstruction, a significant decrease occurs in voluntary activation capacity of quadriceps femoris muscle. A remarkable swelling and pain are formed after operation. Postoperatively, electrical muscle stimulation therapy increases voluntary activation capacity of quadriceps femoris muscle more than cryotherapy. Four months postoperatively, quadriceps femoris muscle voluntary activation capacity and isokinetic strenght are recovered to preoperative level.

Keywords: anterior cruciate ligament reconstruction, cryotherapy, electrical muscle stimulation, electromyographic activity, quadriceps femoris muscle.

SISSEJUHATUS

Põlveliigese eesmise ristatisideme vigastus on üks sagedasemaid põlvetraumasid, mis umbes 70% juhtudest tekib mittekontaktselt ja 30% kontaktselt (Remer *et al.*, 1992). Vigastuste ravis on tavapäraseks protseduuriks artroskoopiline operatsioon, mille käigus rekonstrueeritakse side transplantaadiga. Põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsiooni tulemusena saavad vigastatud naasta sportliku ja aktiivse eluviisi juurde (Wright *et al.*, 2008).

Põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsiooni järgselt on sagedaseks probleemiks põlveliigest ümbritsevate lihaste, eriti reie-nelipealihase, atroofia ja nõrkus (Lynch *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2013). Lisaks esinevad turse (Zaman *et al.*, 2015), valu (Martimbianco *et al.*, 2014), kinesiofoobia (Medvecky & Nelson, 2015) ja neuromuskulaarne düsfunktsioon, mille korral on häiritud sääre painutajalihaste funktsioon (Christanell *et al.*, 2012).

Külmaravi on laialdaselt kasutatav rehabilitatsioon, kuigi selle efektiivsus pärast eesmise ristatisideme rekonstruktsiooni ei ole veel selge (Martimbianco *et al.*, 2014). Küll on aga leitud, et külmaravil on positiivne mõju reie-nelipealihase funktsiooni taastumisel, parandades lihaste aktivatsiooni, mille tulemusena on võimalik arendada lihasjõudu põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsiooni järgselt (Hart *et al.*, 2010). On leitud, et külmaravi ja terapeutiliste harjutuste kombineerimine tõstavad reie-nelipealihase aktivatsioonivõimet postoperatiivselt (Hart *et al.*, 2014). Hetkel saadaval olevad tõendid ei ole piisavad lõpliku järelduse tegemiseks, kas külmaravi on efektiivne põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsiooni järgselt. Antud teema vajab lisauuringuid (Martimbianco *et al.*, 2014). Lihaste elektrostimulatsiooni kasutatakse ravina rekonstruktsiooni järgselt varajases rehabilitatsioonifaasis selleks, et aktiveerida lihaseid ja ennetada lihasatroofiat ja lihassassi kadu (Ediz *et al.*, 2012; Hasegawa *et al.*, 2011). Samuti aitab lihaste elektrostimulatsioon vähendada liigese turset ja valu (Benazzo *et al.*, 2008; Ediz *et al.*, 2012).

Varem ei ole uuritud põlveliigese eesmise ristatisideme vigastusega patsientidel, milline on reie-nelipealihase aktivatsioonivõime hinnatuna EMG aktiivsuse järgi maksimaalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel varajasel operatsiooni järgsel perioodil. Seejuures ei ole võrdlevalt uuritud ravina kasutatud elektrostimulatsiooni ja külmaravi vahetut efekti reie-nelipealihase aktivatsioonivõimele.

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1. Põlveliigese eesmise ristatisideme vigastused ja ravi

Põlveliigese eesmine ristatiside (ingl. *anterior cruciate ligament* - ACL) omab tähtsat rolli põlveliigese stabiilsuse tagamisel, kuna ühendab reieluud sääreluuga. ACL-i peamiseks ülesandeks on avaldada vastupanu sääreluu anterioorsele translatsioonile reieluu suhtes. ACL limiteerib liigset sääreluu rotatsiooni, avaldab vastupanu *valgus-* ja *varus-*stressile, täidab proprioretseptiivset funktsiooni ja osaleb „pööre koju“ (ingl. *screw-home*) mehhanismis (Ellison & Berg, 1985). ACL-is paiknevad mehhaanoretseptorid edastavad infot põlveliigese asendimuutustest seljaajju ja supraspinaalsetesse keskustesse, mille tulemusena muutub põlveliigest ümbritsevate lihaste aktiivsus. ACL-i vigastuse käigus kahjustuvad mehhaanoretseptorid ning juhteteed, mille tõttu on häiritud spinaalsed refleksid ja lihaste aktivatsioonivõime tervikuna (Konishi *et al.*, 2002; Palmieri-Smith & Thomas, 2009).

ACL-i rebend on üks enamlevinumaid spordivigastusi ning üks sagedasemaid põlveliigese struktuuride vigastusi. ACL-i rebend võib tekkida mittekontaktelt ja kontaktelt. Mittekontaktse vigastuse tekkemehhanismideks võivad olla: järsk suunamuutus, peatumine suurelt kiiruselt või maandumine ülesirutuses põlvega jalale. Vähem esineb kontaktseid vigastusi, mis tekivad löök-kontaktist teise isiku või esemega, mille korral liigub põlveliiges liigselt *valgus-*asendisse (Remer *et al.*, 1992). ACL-i vigastuse järgselt esineb põlveliigeses sageli funktsionaalne ebastabiilsus, kuna sääreluu nihkub liigselt anterioorsele ja ilmneb lihaste aktiveerumise koordineerimise puudulikkus. Viimase põhjuseks arvatakse olevat vähenenud sensoorne tagasiside ACL-ist kesknärvisüsteemi (Borsa, 1997). ACL-i rebend ei parane ise viisil, mis taastaks normaalse põlveliigese funktsiooni. Seega on vajalik operatiivne sekkumine juhul, kui vigastatu soovib taastada põlveliigese funktsiooni ja stabiilsust, mis lubaks naasta kõrgel tasemel füüsilise aktiivsuse juurde. ACL-i ravis on tavapäraseks ravimeetodiks artroskoopiline operatsioon, mille käigus taastatakse side enamasti *semitendinosus-gracilis*-e transplantaadiga (ingl. *semitendinosus gracilis graft* - STG) või luu-*patella*-kõõluse-luu transplantaadiga (ingl. *bone-patellar-tendon-bone graft* - BTB). Leitud on, et STG transplantaadiga taastub sportlastel sääre sirutajalihaste jõud kuue kuuga ning BTB transplantaadiga kaheteist kuuga piisavale tasemele, et pöörduda tagasi sporti (Niga *et al.*, 1996). Reie-nelipealihase tahteline aktivatsiooni defitsiit on oluliselt suurem ACL-i

vigastusega patsientidel, kellele ei ole rakendatud operatiivset sekkumist (Hart *et al.*, 2010). Leitud on, et ACL-i vigastusega patsientidel esineb oluline proprioretseptiooni defitsiit. ACL-i rekonstruktsiooni tulemusena taastub põlveliigese proprioretseptioon normaalsele tasemele kuue kuuga sõltumata transplantaadi tüübist (Angoules *et al.*, 2011).

ACL-i rekonstruktsiooni järgselt on sagedaseks probleemiks reie-nelipealihase (Lynch *et al.*, 2012; Thomas *et al.*, 2013) ning hamstring- ja säärelihaste atroofia ja nõrkus (Hasegawa *et al.*, 2011). Postoperatiivselt esinevad turse (Zaman *et al.*, 2015), valu (Martimbianco *et al.*, 2014) ja kinesiofoobia (Medvecky & Nelson, 2015). Probleeme põhjustab ka artrogeenne lihasinhibitsioon (ingl. *arthrogenic muscle inhibition* – AMI), mille korral on vähenenud lihasaktivatsioon ja suurenenud pidurdus seljaajus lihaseid juhtivates segmentides. Skeetilihaste aktivatsiooni puudujääki defineeritakse kui võimetust tahteliselt aktiveerida tervet motoneuronpuuli, mis innerveerib lihast. AMI on kestev refleksina väljenduv vastus muutunud sensoorsele informatsioonile, mis tuleneb vigastatud liigeskõhre kudetest. AMI on kaitsemehhanism, mis põhjustab lihaste atroofiat ja nõrkust. Reie-nelipealihase tahteline aktivatsioonivõime defitsiit on seotud ACL-i vigastusega (Hart *et al.*, 2014; Hopkins & Ingersoll, 2000; McHugh *et al.*, 2001; Palmieri-Smith & Thomas, 2009). Reie-nelipealihase aktivatsioon on oluline säilitamiseks lihasjõudu ja alajäseme funktsiooni (Hart *et al.*, 2010). Püsivat lihasnõrkust on seostatud varajase põlveliigese osteoartroosi tekkega lisaks kõikidele eelpool nimetatud postoperatiivsetele probleemidele (Culvenor & Crossley, 2016; Palmieri-Smith & Thomas, 2009).

McHugh jt. (2001) mõõtsid reie-nelipealihase tahtelist aktivatsioonivõimet pärast ACL-i rekonstruktsiooni elektromüograafiliselt (EMG). Mõõtmisi teostati 2 nädalat enne ja 5 nädalat pärast ACL-i rekonstruktsiooni. Leiti, et preoperatiivselt oli sääre sirutajalihaste tahteline aktivatsioonivõime defitsiit isomeetrilisel lihaspingutusel 16%, mis postoperatiivselt suurenes 41%-ni. Statistiliselt oluline tahteline aktivatsioonivõime defitsiit esines preoperatiivselt *m. vastus medialis*-el (ingl. *m. vastus medialis* - VM), aga mitte *m. vastus lateralis*-el (ingl. *m. vastus lateralis* - VL) ja *m. rectus femoris*-el (ingl. *m. rectus femoris* - RF). Viie nädala möödudes operatsioonist esines tahteline aktivatsioonivõime defitsiit kõigil kolmel lihasel. Kim jt. (2016) võrdlesid isokineetilise jõu näitajaid ACL-i vigastusega jalal ja tervel jalal. Nad leidsid, et ACL-i vigastusega on jõu langus suurem sääre sirutaja- ja painutajalihastel kui tervel jalal. Mõned aastad varem tehtud uuringus leiti, et painutajalihaste jõud ei erine oluliselt enne ja pärast operatsiooni. Küll aga toodi välja, et antud näitajat mõjutab transplantaadi tüüp: BTB transplantaadi kasutamisel ilmneb suurem reie-nelipealihase jõudefitsiit. Leitud on, et valu on seotud madalamate reie-nelipealihase jõunäitajatega ning seejuures jõud taastub kauem (Ueda *et*

al., 2016). Üldtoodut kokkuvõttes on oluline alustada varakult taastusraviga, mis normaliseeriks põlveliigese sensoorse ja motoorse funktsiooni (Palmieri-Smith & Thomas, 2009).

1.2. Põlveliigese eesmise ristatisideme postoperatiivne taastusravi

ACL-i rekonstruktsiooni järgselt on oluline varajane rehabilitatsioon, et taastada nii liigese seisund kui ka motoorne funktsioon tervikuna võimalikult efektiivselt ja kiirelt. Näiteks sportlastel on põlveliigese funktsiooni taastamiseks vajalik 6 kuni 12 kuud kestvat taastusravi. Kuid arvatakse, et spordi juurde naasmine võiks toimuda isegi kahe aasta möödumisel ACL-i rekonstruktsioonist, kuna sel juhul on oluliselt vähenenud korduvvigastuste risk (Nagelli & Hewett, 2017). Hart jt. (2010) arvates on AMI-i pikaajaliste mõjude arvestamine vajalik selleks, et mõista postoperatiivselt tekkivat lihasnõrkust, kõnnimustri muutusi, liigese degeneratsiooni ja korduvvigastuste riske. AMI tõttu ei ole vigastatud võimelised täies ulatuses aktiveerima lihaseid ja seega põlveliigese funktsiooni taastavad terapeutilised harjutused ei ole nii efektiivsed. Oluline on esmalt tegeleda lihaste aktivatsioonivõime taastamisega ja seejärel lihaste jõudu taastavate harjutustega (Hart *et al.*, 2012; Hopkins & Ingersoll, 2000). Elektriravi lihaste elektrostimulatsiooni (ingl. *electrical muscle stimulation* - EMS) näol ja külmaravi on efektiivsed meetodid suurendamaks lihaste tahtelist aktivatsioonivõimet. Nad vähendavad motoneuronpuulide inhibitsiooni, andes afferentse stiimuli seljaajju, mille tulemusena pidurduvad traumeeritud liigesest tulevad inhibeerivad afferentsed signaalid (Hart *et al.*, 2014; Hasegawa *et al.*, 2011).

Postoperatiivses taastusravis on oluline esimese kahe nädala jooksul valu ja turse vähendamine. Järk-järgult suurendatakse liikuvusamplituudi kuni põlveliigese täieliku liikuvuseni. Alates 2. nädalast toimub üleminek kogu keharaskuse ülekandele. Alates 3. nädalast tegeletakse progresseeruva kõnnitreeninguga ja alustatakse jõu- ja tasakaalutreeninguga. Alates 5. kuust alustatakse osavus- ja plüomeetrilise jõutreeninguga ning toimub erialase spordi juurde naasmine. Taastusravi treeningu ajaline planeerimine võib indiviiditi erineda (Adams *et al.*, 2012; Hasegawa *et al.*, 2011; Ueda *et al.*, 2016). Kuna antud vigastus tekib sageli sportliku tegevuse käigus, siis näiteks sportlaste puhul on oluline hinnata, kas ta on valmis pöörduma tagasi spetsiifilise sportliku tegevuse juurde. Isikutel, kellel on olnud ACL-i vigastus, on 6 korda suurem tõenäosus saada uus ACL-i vigastus 24 kuu jooksul alates sportliku tegevuse juurde naasmisest (Paterno *et al.*, 2014). Sportlase valmisolek sõltub paljuski reie-nelipealihase tahtelisest aktivatsioonivõimest ja jõu

taastumisest. Jõunäitajate taastumist hinnatakse isokineetilise dünamomeetriga ja/või hüppetestidega (Ueda *et al.*, 2016). Isokineetilise jõu testimine on objektiivne viis hindamaks põlveliigese dünaamilist stabiilsust ja rehabilitatsiooni tulemusi ACL-i rekonstruktsiooni järgselt. Reie-nelipealihase jõudefitsiit, mis jääb alla 10%, loetakse eelduseks sportliku tegevuse juurde tagasi pöördumiseks (Arder *et al.*, 2011). Cvjetkovic jt. (2015) on leidnud, et 6 kuud pärast ACL-i rekonstruktsiooni ei esine sääre sirutaja- ja painutajalihaste düsbalaansi.

1.2.1. Külmaravi postoperatiivses taastusravis

Külmaravi kasutatakse laialdaselt postoperatiivse valu ja turse vähendamiseks, kuigi selle täpne toimemehhanism ei ole lõplikult teada. Arvatakse, et külmaravi alandab lokaalset põletikku läbi vasokonstriksiooni ja vähendab lokaalset perifeerse närvisüsteemi erutuvust. Külmaravi toime sõltub paljuski subkutaanse rasvakihi paksusest. Leitud on, et seade, mis hoiab konstantset jahedat temperatuuri, omab oluliselt paremat külmaravi efekti kui jää (Barber, 2000; Levy *et al.*, 2016; Martimbianco *et al.*, 2014; Ruffilli *et al.*, 2015).

Külmaravi alandab valu, turset, suurendab põlveliigese liikuvust ja parandab tervikuna põlveliigese funktsiooni (Barber, 2000; Murgier & Cassard, 2014). Külmaravi eesmärgiks on suurendada lihaseid innerveerivate motoneuronpuulide aktiivsust. Motoneuronpuulide ülesandeks on haarata töösse (rekruteerida) lihaskiudusid. Liigese trauma järgselt on lihaste aktivatsioonivõime vähenenud motoneuronpuulide inhibitsiooni tõttu ning jõuharjutuste sooritamise efektiivsus on vähenenud. Külmaravi aitab vähendada motoneuronpuulide inhibitsiooni ning seega AMI-d tõhusama lihaste aktivatsiooni kaudu (Rice *et al.*, 2009). On leitud, et 6 kuud pärast ACL-i rekonstruktsiooni parandab külmaravi reie-nelipealihase funktsiooni, suurendades aktivatsiooni- ja jõugenereerimise võimet. Leiti, et neil uuritavatel, kes sooritasid terapeutilisi harjutusi 20 minutit pärast külmaravi, oli reie-nelipealise tahteline maksimaalne isomeetriline kontraktsioon tugevam võrrelduna ainult külmaravi saanutega ja ainult terapeutilisi harjutusi sooritanutega. Külmaravi ja harjutuste kombineerimisega on võimalik postoperatiivselt saavutada paremat reie-nelipealihase jõugenereerimisvõime taastumist (Hart *et al.*, 2014).

1.2.2. Lihaste elektrostimulatsioon postoperatiivses taastusravis

ACL-i rekonstruktsiooni järgselt on sagedaseks probleemiks piiratud liikumisaktiivsuse tõttu tekkinud reie- ja säärelihaste atroofia. Hasegawa jt. (2011) uurisid EMS-i mõju varajases rehabilitatsioonifaasis reie- ja säärelihaste atroofia ennetamise eesmärgil. Uuringugrupile teostati EMS-i sagedusega 20 Hz alates 2. postoperatiivsest päevast kuni 4 nädala möödumiseni operatsioonist. Kontrollgrupp teostas ainult terapeutilisi harjutusi. Leiti, et nelja nädala möödudes operatsioonist oli uuringugrupis VL- e ja säärelihaste mass oluliselt suurenenud. Kontrollgrupis oli samade lihaste mass oluliselt vähenenud. Uuringugrupis langes sääre sirutajalihaste jõud oluliselt vähem ning kolme kuu möödudes operatsioonist oli jõud paremini taastunud kui kontrollgrupis. ACL-i rekonstruktsiooni järgselt on efektiivne kasutada EMS-i, kuna see aitab säilitada ja suurendada lihaste massi ja jõudu. Soovitav on kasutada madalsageduslikku EMS-i treeningut. Kõrgsageduslik elektrostimulatsioon (>50 Hz) tekitab lihases nn. kõrgsagedus väsimuse (ingl. *high-frequency fatigue*), mis on seotud eelkõige lihaskiudude erutuse ja kontraktsiooni sidestuse häiretega.

Ediz jt. (2012) uurisid EMS-i mõju tursele, valule, liigesliikuvusele ja lihasatroofiale. Uuritavad jaotati kahte gruppi ning raviga alustati 4. postoperatiivsest päevast. Esimene grupp sooritas terapeutilisi harjutusi ja sai külmaravi 6 nädalat. Teisele uuringugrupile teostati lisaks EMS-i (sagedusega 30 Hz) viiel järjestikusel päeval 6 nädalat. Leiti, et EMS-i grupis olid turse ja valu oluliselt vähenenud ühe nädala möödudes ravi algusest ning kahe nädala möödudes olid oluliselt suurenenud põlveliigese liikuvus sirutusel kui ka vähenenud reielihaste atroofia. Benazzo jt. (2008) on samuti leidnud, et EMS-il on valu ja turset alandav toime. Nad põhjendavad seda asjaoluga, et elektromagnetväljade toimet põletikumarkerite kontsentratsiooni veres langeb, mille tulemusena väheneb põletik.

Kokkuvõttes võib öelda, et eelnevates uuringutes on vähe kajastatud reie- nelipealihase aktivatsioonivõime dünaamikat ACL-i rekonstruktsiooni varajases postoperatiivses faasis, näiteks esimesel postoperatiivsel nädalal võrreldes preoperatiivse tasemega. Varem ei ole võrreldud külmaravi ja EMS-i akuutset efekti ACL-i rekonstruktsiooni järgses taastusravis lihaste aktivatsioonivõimele. Seetõttu keskenduti käesolevas töös nendele siiani vähe kajastust leidnud probleemidele.

2. UURIMISTÖÖ EESMÄRK JA ÜLESANDED

Eesmärk

Käesoleva uurimistöö eesmärgiks oli välja selgitada reie-nelipealihase funktsionaalse seisundi taastumise dünaamika põlveliigese eesmise ristatsideme rekonstruktsiooni korral varajasel operatsiooni järgsel perioodil meestel.

Ülesanded

Lähtuvalt töö eesmärgist püstitati järgmised ülesanded:

1. Määrata reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsuse amplituud tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel vigastatud jalal preoperatiivselt, 1. ja 5. postoperatiivsel päeval ning 4 kuud postoperatiivselt.
2. Määrata reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsuse amplituud tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel pärast ühekordset elektrostimulatsiooni ja külmaravi protseduuri vigastatud jalal 1. postoperatiivsel päeval.
3. Mõõta reie-nelipealihase ja hamstring-lihaste isokineetilise jõu näitajad vigastatud ja tervel jalal preoperatiivselt ja 4 kuud postoperatiivselt.
4. Mõõta vigastatud jala reie ja põlveliigese ümbermõõdud ning hinnata valu visuaalsel analoogskaalal pre- ja postoperatiivselt.
5. Määrata korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel 1. ja 5. postoperatiivsel päeval.

3. UURIMISTÖÖ METOODIKA

3.1. Vaatlusalused

Uuringusse kaasamise tingimusteks olid: ACL-i vigastus, mida rekonstrueeritakse STG transplantaadiga, meessugu ja vanus vahemikus 18-45 eluaastat. Tingimustele vastas 14 meest vanuses 18-44 eluaastat (Tabel 1), kellest moodustati randomiseeritult 2 uuringugruppi, mõlemas grupis 7 uuritavat (Tabel 2). Ankeetküsitluse põhjal hinnati uuritavate kehalist aktiivsust, vigastuse tekke iseärasusi, registreeriti vanus, vigastatud jalg ja trauma kuupäev. Vaatlusalustest kümme olid enne ACL-i vigastust tegelenud aktiivselt spordiga. Üheksal uuritaval tekkis vigastus sportliku tegevuse käigus, sealjuures kahel neist kontakvigastusena. Viiel uuritaval esines kompleksvigastus. Kümnest uuritavast kolmel oli preoperatiivselt vigastatud jalg tugevam tervest jalast, kuid nelja kuu möödudes operatsioonist oli kõigil uuritavatel vigastatud jalg nõrgem tervest jalast. Kõik vaatlusalused olid Tartu Ülikooli Kliinikumi patsiendid, kellele teostati ortopeedi poolt artroskoopiline ACL-i rekonstruktsioon STG-transplantaadiga. Operatsiooni järgselt suunati uuritavad taastusravisse, kus nende seisundit jälgis ortopeed. Neliteist vaatlusalust osalesid taastusravil esimesel postoperatiivsel nädalal ning kümnet neist uuriti lisaks nelja kuu möödumisel operatsioonist. Kontrollgruppi uuringusse ei kaasatud, kuna oli ebaetiline keelata patsiendile erinevaid ravivõimalusi, selle uuringu korral külmaravi ja lihaste elektrostimulatsiooni. Operatsiooni järgselt said vaatlusalused põletikuvastaseid ravimeid ja vajadusel valuvaigisteid. Uurimistööl oli kooskõlastatud Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komiteega, milleks väljastati 11.02.2016 protokoll nr 255/T-2. Kõik uuritavad allkirjastasid kirjaliku nõusolekuvormi uurimistöös osalemiseks (Lisa 1).

3.2. Uurimismeetodid

3.2.1. Antropomeetrilised mõõtmised

Keha pikkus mõõdeti preoperatiivselt vertikaalasendis seinale kinnitatud antropomeetriga (täpsusega ± 1 mm). Mõõtmine toimus jalanõudeta, jalalabad koos ning kannad, tuharad, ülaselg ja kukal olid vastu seinale. Uuritavate kehamassi mõõdeti preoperatiivselt elektroonilise meditsiinilise kaaluga minimaalses rõivastuses (täpsusega $\pm 0,1$ kg). Kehamassiindeksi (KMI) arvutamiseks kasutati valemit:

$$\text{KMI} = \text{kehamass (kg)} / \text{kehapikkus (cm)}^2.$$

Tabel 1. Kogu uuritavate grupi vanus, antropomeetrilised näitajad, kehalise aktiivsuse tase enne vigastust, vigastatud jalg ja aeg vigastusest operatsioonini (keskmine \pm SE) (n=14).

Uuritava tunnus	Vanus (aasta)	Keha pikkus (cm)	Kehamass (kg)	KMI (kg/m ²)	Kehaline aktiivsus (min/näd)	Vigas tatud jalg	Aeg vigastusest operatsioonini (aasta)
1	43	177	79	25	840	P	0,3
2	26	181	107	33	150	P	3,0
3	30	183	81	24	180	P	0,5
4	44	190	94	26	300	V	1,3
5	35	186	107	31	180	V	5,0
6	27	192	94	26	180	P	0,3
7	37	175	84	27	600	P	4,0
8	27	173	74	25	180	V	0,5
9	36	189	103	29	240	P	0,9
10	27	175	73	24	270	P	0,2
11	18	172	65	22	1620	V	0,2
12	29	181	91	28	420	P	8,0
13	31	184	82	24	150	P	0,3
14	34	191	110	30	240	P	0,7
Keskmine \pm SE	31,9 \pm 2,0	182,2 \pm 2,0	88,0 \pm 3,8	26,7 \pm 1,0	396,4 \pm 107,9		0,5 \pm 0,2

*KMI – kehamassiindeks; *P – parem; *V – vasak

3.2.2. Põlveliigese ja reie ümbermõõtude mõõtmine

Uuritav oli mõõtmise ajal selililamangus, jalg põlveliigesest sirutatud. Põlveliigese ümbermõõdu mõõtmised teostati *patella* alt ja ülalt, reie ümbermõõdud mõõdeti 5 cm (VM) ja 10 cm (VL) kõrguselt *patella* ülalt rahuolekus. Reie ja põlveliigese ümbermõõdud mõõdeti mõõdulindiga (täpsusega \pm 1 mm) preoperatiivselt, 1. postoperatiivsel päeval enne ravi ja 5. postoperatiivsel päeval pärast ravi.

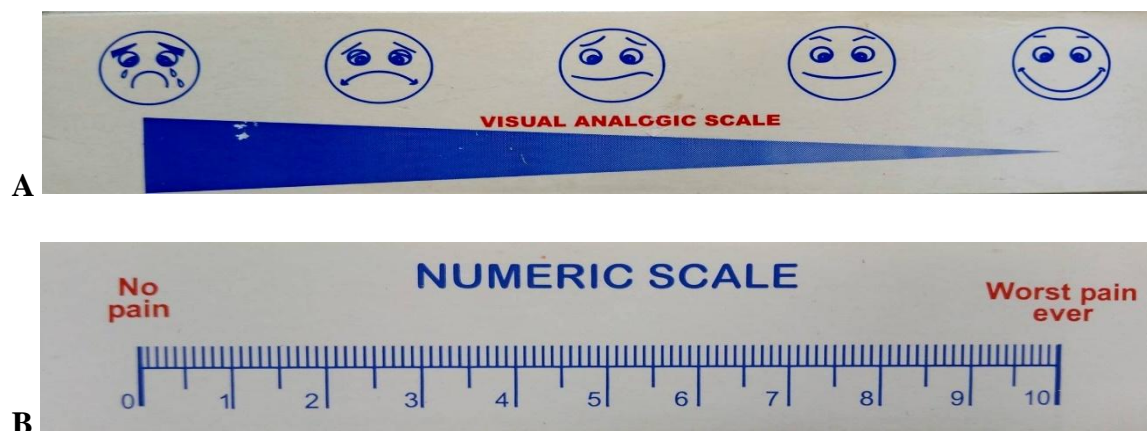
Tabel 2. Elektrostimulatsiooni ja külmaravi gruppide vanus, antropomeetrilised näitajad, kehalise aktiivsuse tase, vigastatud jalg ja aeg vigastusest operatsioonini (keskmine \pm SE).

Näitajad	Elektrostimulatsioon (keskmine \pm SE)	Külmaravi (keskmine \pm SE)
n	7	7
Vanus (aasta)	32,9 \pm 3,0	30,8 \pm 2,9
Pikkus (cm)	180,9 \pm 2,4	183,7 \pm 3,5
Kehamass (kg)	85,8 \pm 5,5	92,0 \pm 6,4
KMI (kg/m ²)	26,1 \pm 1,2	27,4 \pm 1,7
Kehaline aktiivsus (min/näd)	544,3 \pm 204,8	220,0 \pm 24,1
Vigastatud jalg	5-1 parem, 2-1 vasak	5-1 parem, 2-1 vasak
Aeg vigastusest operatsioonini (aasta)	1,7 \pm 0,9	1,2 \pm 0,5

*KMI – kehamassiindeks

3.2.3. Valu hindamine

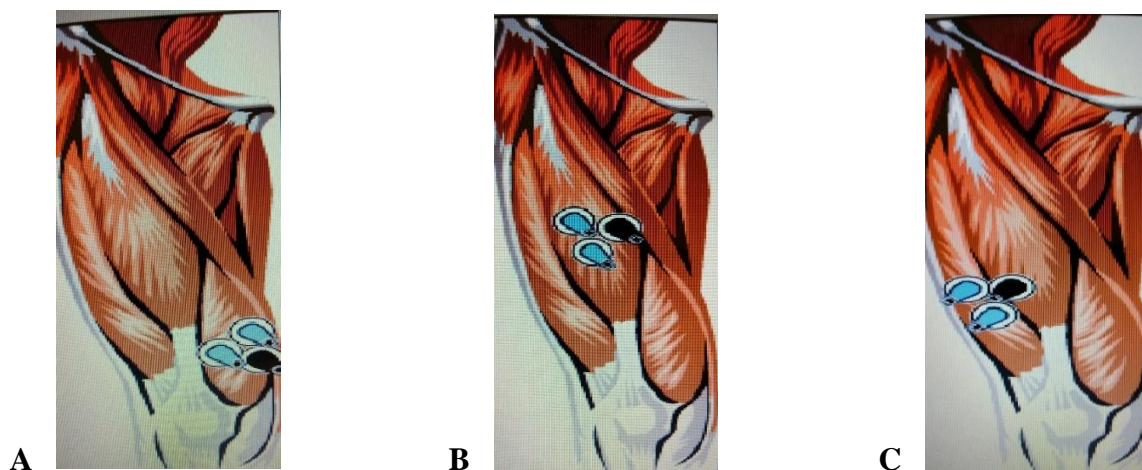
Uuritav hindas subjektiivset valu visuaalsel analoogskaalal (ingl. *Visual Analogue Scale* - VAS), mille uurija registreeris numbrilisel 100 mm skaalal (vt. joonis 1). Tulemused teisendati 10 palli süsteemi, kus 0 tähistas valu puudumist ja 10 maksimaalset tajutavat valu (Jensen *et al.*, 2003). Valu hinnati preoperatiivselt, 1. ja 5. postoperatiivsel päeval ning 4 kuud postoperatiivselt. Valu hinnati nii enne reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsuse määramist tahteliselt maksimaalsel pingutusel kui ka selle käigus. Samuti hinnati valu pärast esimest raviprotseduuri (EMS või külmaravi) 1. postoperatiivsel päeval.



Joonis 1. Visuaalne analoogskaala. A - visuaalne skaala, B - numbriline skaala.

3.2.4. Elektromüograafia

Lihaste EMG aktiivsuse määramiseks kasutati 16-kanalist telemeetrilist elektromüograafi ME6000 (*Mega Electronics*, Soome), mis oli ühendatud analoog-digitaalmuunduri kaudu personaalarvutiga. Uuritav lamas selililamangus teraapialaul, vigastatud jalg põlveliigesest sirutatud, käed külgedel ning pea toetatud lauale. Vigastatud jala reie-nelipealihase nahapind puhastati antiseptikumiga ja seejärel asetati reie-nelipealihase lihaskõhtudele (VM, RF, VL) ühekordselt kasutatavad bipolaarsed EMG nahaelektroodid (Joonis 2). Maanduselektrood asetati kahe aktiivse elektroodi kõrvale. Lihasaktiivsust mõõdeti reie-nelipealihase tahtelisel maksimaalsel isomeetrilisel pingutusel. Teostati sirge jala tõstmine, millele avaldati sääre distaalsest osast vastupanu selliselt, et liigutust ei toimunud. Uuritav teostas 3 maksimaalset isomeetrilist reie-nelipealihase pingutust ning hoidis igat pingutust 3 s. Iga pingutuse vahel oli 30 s puhkepausi. EMG tulemuste analüüs toimus programmi *MegaWin* abil. EMG-ga määrati keskmine ja maksimaalne lihaste aktiveerumise amplituud (μV). Kusjuures lihaste maksimaalsel tahtelisel pingutusel saadud aktiivsusest lahutati lihaste puhkeoleku EMG aktiivsus. Reie-nelipealihase aktivatsioonivõimet mõõdeti preoperatiivselt, 1. postoperatiivsel päeval pärast EMS-i või külmaravi (sõltuvalt uuringugrupist), 5. postoperatiivsel päeval pärast ravi ning nelja kuu möödumisel operatsioonist.



Joonis 2. Elektromüograafia elektroodide paigutus reie-nelipealihasel. A - *m. vastus medialis*, B - *m. rectus femoris*, C - *m. vastus lateralis*.

3.2.5. Isokineetiline dünamomeetria

Kasutati isokineetilist dünamomeetrit *Humac Norm Test ja Rehabilitation System* (CSMi Medical Solutions, USA). Vaatlusalused sooritasid soojenduse veloergomeetril kestvusega 10 min. Uuritavad istusid testi sooritamisel isokineetilise seadme pingil, nurk puusa- ja põlveliigestes oli 90°. Ülakeha fikseeriti kahe diagonaalis üle rindkere kulgeva kinnitusrihmaga. Alajäse fikseeriti reie distaalsest osast polstriga rihmaga. Sääre distaalne osa fikseeriti malleoluste ülalt dünamomeetri liikuva hoova mansetiga. Testitava jala põlveliigese frontaaltelg ühtis isokineetilise dünamomeetri hoova liikumisteljega. Enne testi alustamist kontrolliti vaatlusaluste asendit ning alajäseme liikumist põlveliigeses sirutus- ja painutusliigutusel. Põlveliigese liikumise amplituud oli testimisel 90° - 180°. Ühe korduse jooksul sooritasid uuritavad ühe painutus-sirutus liigutuse põlveliigesest maksimaalse tahtelise kontsentrilise lihastöö režiimis. Testimist alustati terve jalaga. Mõõtmise toimus esimesena nurkkiirusel 180°/s, kus uuritavad teostasid 3 kordust, mille järgselt said testitavad 1 min puhkepausi. Seejärel mõõdeti isokineetilist jõudu nurkkiirusel 60°/s, kus uuritavad teostasid 3 kordust. Uuritavaid julgustati vokaalselt maksimaalselt pingutama testimise ajal. Statistiliseks andmeanalüüsiks kasutati suurimat jõumomendi (Nm) väärtust mõlemal nurkkiirusel. Isokineetilise jõumomendi alusel leiti sirutaja- ja painutajalihaste (*Hamstring:Quadriceps* - H:Q) suhe (%). Preoperatiivset tulemust võrreldi 4 kuud postoperatiivse tulemusega nurkkiirusel 180°/s ja 60°/s. H:Q suhte arvutamiseks kasutati valemit:

$$H:Q = (\text{painutajate jõumoment} / \text{sirutajate jõumoment}) \times 100\%.$$

Arvutati ka jõudefitsiit (%) sääre sirutaja- ja painutajalihastel, mis iseloomustab erinevust kehapoolte vahel. Seejuures kasutati valemit:

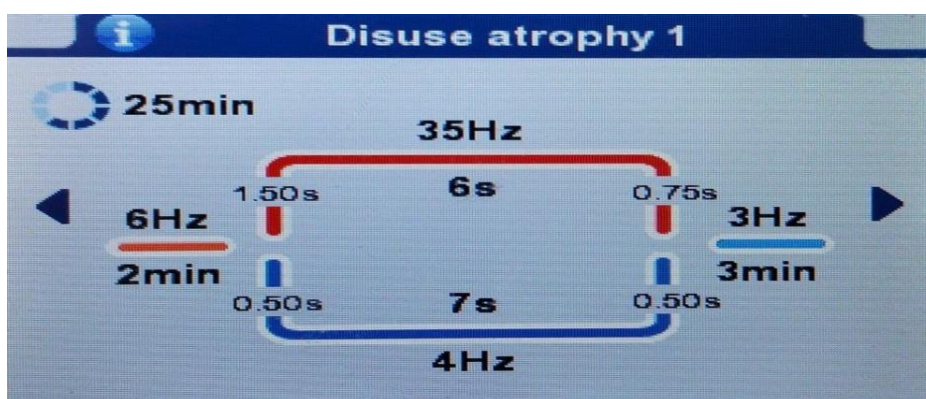
$$\text{Jõudefitsiit} = [100 - (\text{vigastatud jala jõumoment} / \text{terve jala jõumoment})] \times 100\%.$$

Isokineetilise dünamomeetriga mõõdeti lihasjõudu tervel ja vigastatud jalal sääre sirutaja- ja painutajalihastel preoperatiivselt ja neli kuud pärast operatsiooni. On leitud, et alates nelja kuu möödumisest ACL-i rekonstruktsioonist on ohutu mõõta isokineetilist jõudu (Dauty *et al.*, 2014).

3.2.6. Ravimeetodid

Varajases postoperatiivses taastusravis kasutati ravivahenditena külmaravi, EMS-i ja terapeutilisi harjutusi. Hiljem teostati vaid terapeutilisi harjutusi. Uuritav lamas külmaravi ja EMS-i teostamise ajal teraapiaalual selili, vigastatud jalg sirge.

EMS-i teostati elektriravi seadmega *Chattanooga Wireless Pro* (DJO Global Inc., UK), kasutades rehabilitatsiooniprogrammi *disuse atrophy 1*. Neli elektroodi, mõõtmetega 5 x 5 cm, asetati antiseptikumiga puhastatud VL-e ja VM-e lihasköhtudele piki lihaskiude. Katoodid asetati distaalselt. Programm koosnes kolmest osast ja kestis 25 min (Joonis 3). Programm algas soojendusega sagedusega 6 Hz, kestvusega 2 min. Teine faas kestis 20 min, kus 75 tsükli jooksul vaheldus tetaaniline kontraktsioon (6 s) aktiivse puhkusega (7 s). Impulsside seeria sagedus oli 35 Hz, millele järgnes aktiivne puhkus sagedusega 4 Hz. Programm lõppes kolmeminutilise taastumisega sagedusega 3 Hz. EMS-i eesmärgiks oli tekitada lihaskontraktsiooni. Programmi teises faasis korrigeeriti voolutugevust (mA) vastavalt uuritavate subjektiivsele aistingule ja julgustati tõstma voolutugevust kuni düskomfordi piirini. Kui enne 25 min täitumist muutus EMS ebamugavaks, siis langetati stimulatsiooni tugevust nii palju, et uuritavad tundsid end hästi. Kui patsiendid tundsid, et võib tõsta voolutugevust, siis seda tehti. Subjektiivse taluvuse piiri üle otsustasid ravi saajad. Ravi ajal muutus patsientide taluvus suuremaks ja vastavalt sellele tundele said uuritavad ise tõsta voolutugevust. Patsiente ei julgustatud tegutsema läbi valu. Ravi vältel pidi säilima patsientide hea enesetunne. Lisas 2 on välja toodud voolutugevuse tõstmise progressioon EMS-il viiel järjestikusel postoperatiivsel päeval.



Joonis 3. Elektrostimulatsiooni programmi ülesehitus.

Külmaravi teostati seadmega *ZT Clinic* (Zamar Care, Horvaatia), mansett asetati ümber opereeritud põlveliigese (Joonis 4). Mansett hoidis temperatuuri +5° C 30 min. Aparaat teostas kompressiooni iga 4 s järel ning hoidis kompressiooni 4 s.

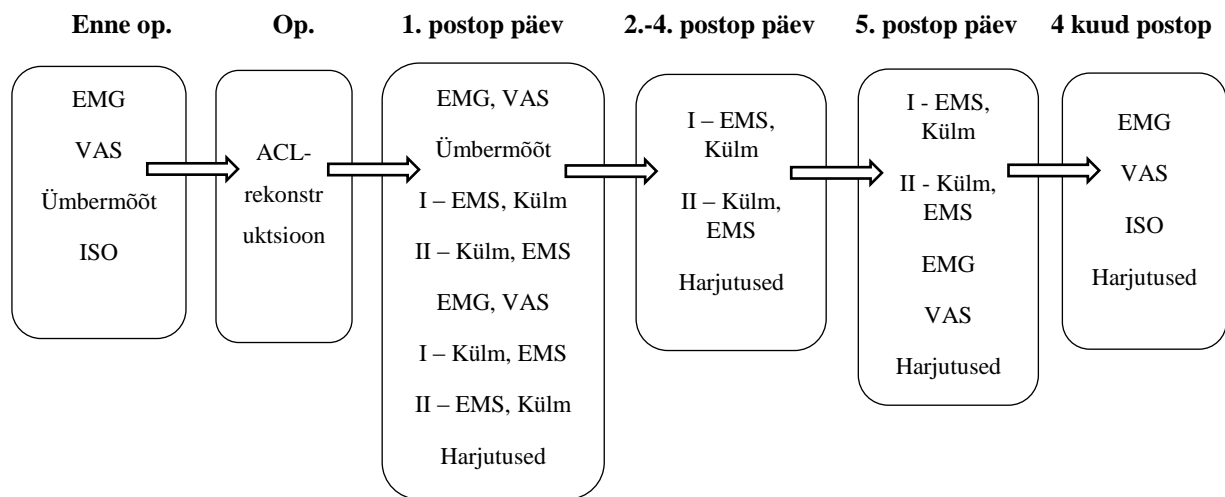


Joonis 4. Külmaravi teostamine seadmega Zamar® ZT Clinic põlveliigesele.

Terapeutilisi harjutusi sooritati alates 1. postoperatiivsest päevast vähemalt nelja kuu möödumiseni operatsioonist (Lisa 3). Esimesel viiel postoperatiivsel päeval sooritati harjutusi iseseisvalt kodus vastavalt juhendile. Edaspidi jätkati harjutuste sooritamist koos füsioterapeudiga või iseseisvalt kodus vastavalt uuritava eelistusele. Harjutuste eesmärgiks oli põlveliigese liikuvuse taastamine, reielihaste aktiveerimine, jõu taastamine, tasakaalu arendamine ja järk-järguline naasmine funktsionaalsetesse tegevustesse.

3.3. Uuringu korraldus

Uuring viidi läbi Tartu Ülikooli Kliinikumi Sporditraumatoloogia keskuses aadressil Puusepa 1a ajavahemikul veebruar 2016 - veebruar 2017. Esimesel kohtumisel koguti uuritavatelt üldandmed: vanus, kehamass, keha pikkus, trauma kuupäev, kehalise aktiivsuse tase, valu, põlveliigese ja reie ümbermõõdud. Mõõdeti reie-nelipealihase maksimaalne tahteline aktivatsioonivõime EMG-ga ja isokineetilise dünamomeetriga lihasjõumoment. Uuritavate andmed kodeeriti numbriliselt. Paarisarvulised olid esimene ehk EMS-i uuringugrupp, kellele teostati ravi saamisel esmalt EMS-i ja seejärel külmaravi. Paarituurvuga vaatlusalused olid teine ehk külmaravi uuringugrupp, kellele teostati ravi saamisel esmalt külmaravi ja seejärel EMS-i. Antud informatsioon kajastus uuritava teadliku nõusoleku vormis. ACL-i rekonstruktsiooni järgselt teostati uuritavatega viiel järjestikusel postoperatiivsel päeval viis teraapiaseansi. Mõõtmisi teostas iga kord sama spetsialist. Joonisel 5 on esitatud skeem uuringu korraldusest.



Joonis 5. Uuringu skeem. Op - operatsioon, postop - pärast operatsiooni, EMG - elektromüograafia, VAS - visuaalanaloogskaala, ISO - isokineetiline dünamomeetria, ACL- põlveliigese eesmine ristatiside, I - esimene uuringugrupp, II - teine uuringugrupp, EMS - lihaste elektrostimulatsioon, Kül - külmaravi.

3.4. Andmete statistiline analüüs

Andmete statistilisel analüüsil kasutati tabelarvutusprogrammi *Microsoft Office Excel* 2013. Arvutati saadud tulemuste aritmeetiline keskmine, standardhälve (\pm SD) ja standardviga (\pm SE). Näitajate muutuste hindamiseks kasutati paaris t-testi. Väike vaatlusaluste arv ja tulemuste suur hajuvus ei andnud statistilist kinnitust ravi akuutse mõju efektiivsusele. Seega leiti kliiniline relevantsus EMS-i ja külmaravi akuutse mõju võrdlemiseks. Kliinilise olulisuse määramine lisaks statistilisele olulisusele aitab lihtsustada teadmiste ülekandmist uuringutest kliinilisse praktikasse (Armijo-Olivio *et al.*, 2011). Kliinilise olulisuse nivooks (ES) loeti $ES \geq 0,4$ (Cohen, 1988). Uuritud näitajate vaheliste seoste leidmiseks kasutati Pearsoni korrelatsioonanalüüsi, sealjuures arvutati uuritud näitajate vahe 1. ja 5. postoperatiivsel päeval. Olulisuse nivooks loeti $p < 0,05$.

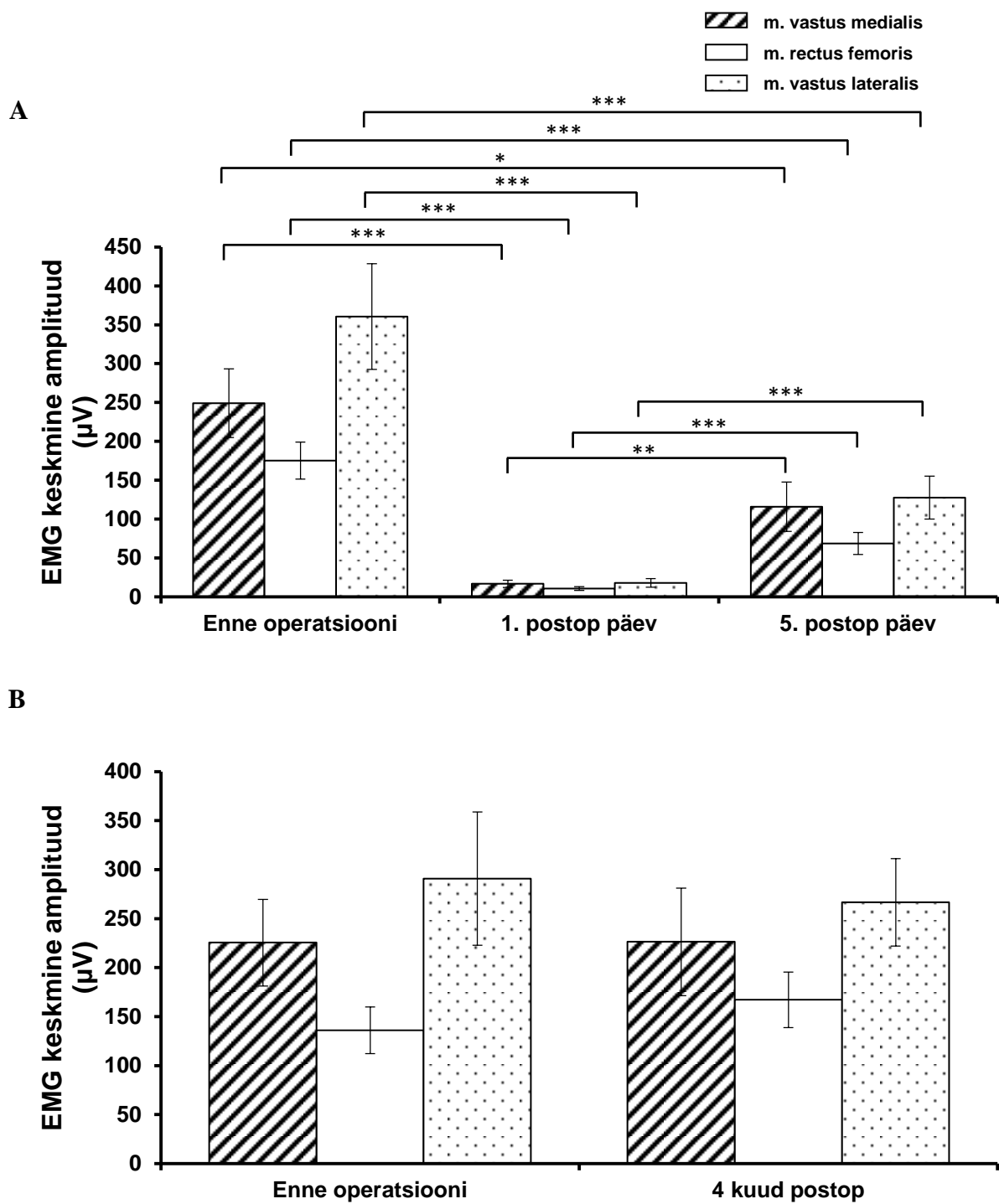
4. UURIMISTÖÖ TULEMUSED

4.1. Reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsuse dünaamika tahtelisel isomeetrilisel pingutusel pre- ja postoperatiivselt

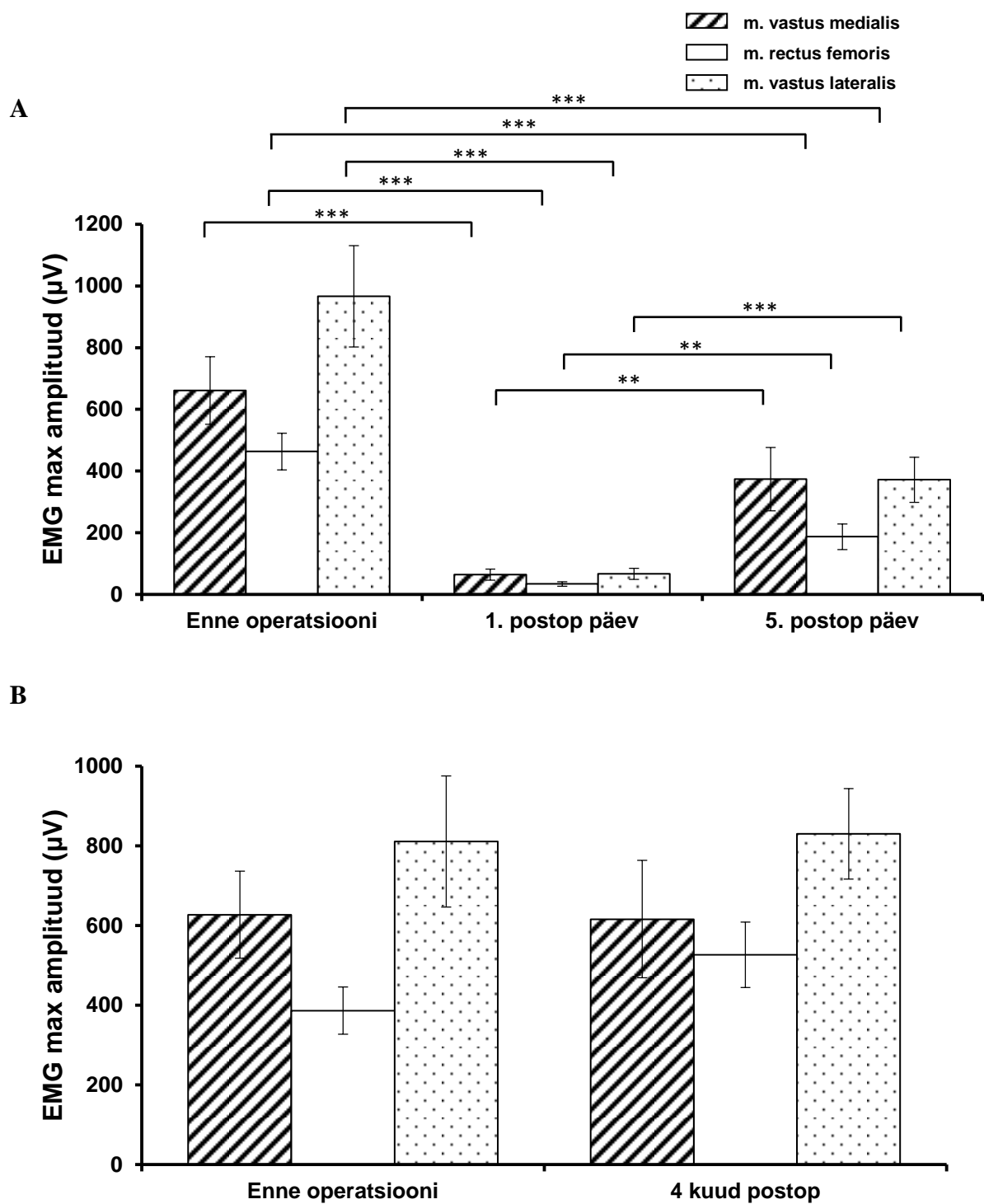
Esimesel postoperatiivsel päeval oli reie-nelipealihase EMG keskmine (Joonis 6) ja maksimaalne (Joonis 7) amplituud maksimaalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel oluliselt ($p<0,001$) langenud võrreldes preoperatiivse tasemega. Viiendaks postoperatiivseks päevaks olid reie-nelipealihase EMG amplituudid oluliselt ($p<0,01$) suurenenud võrreldes 1. postoperatiivse päevaga, jäädes oluliselt alanenuks võrreldes preoperatiivse tasemega. Nelja kuu möödudes operatsioonist olid reie-nelipealihase EMG keskmine ja maksimaalne amplituud taastunud preoperatiivsele tasemele kõikidel uuritud lihastel.

4.2. Reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsuse dünaamika tahtelisel isomeetrilisel pingutusel elektrostimulatsiooni ja külmaravi järgselt

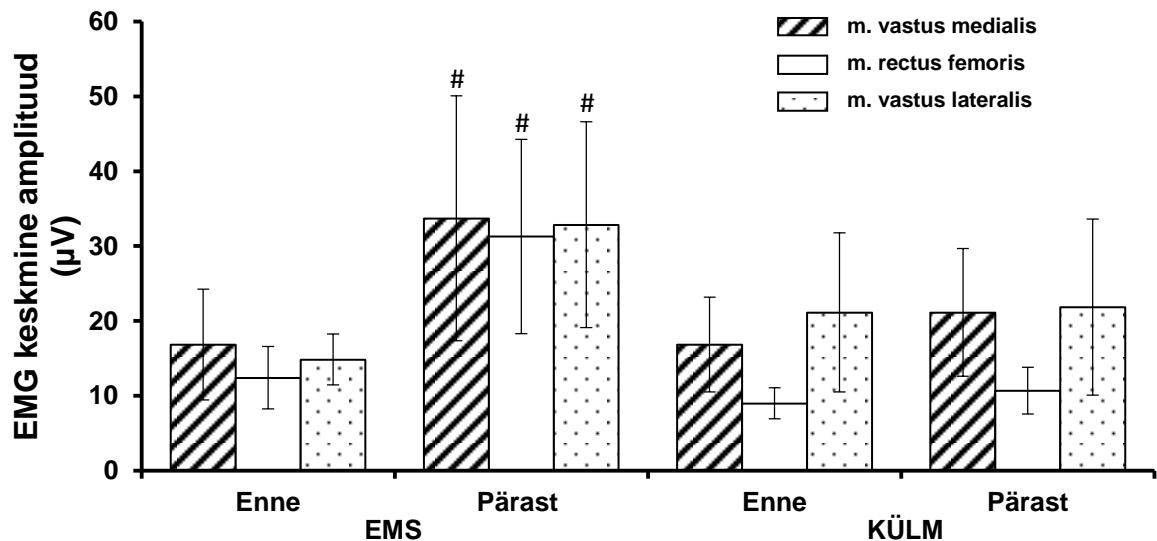
EMS-i ja külmaravi järgselt registreeritud reie-nelipealihase EMG keskmine amplituud on esitatud joonisel 8 ja maksimaalne amplituud joonisel 9. Statistiliselt olulisi muutusi nendes parameetrites külmaravi ja EMS-i toimet ei täheldatud. Kuid EMS-i toimet suurenes EMG keskmine amplituud kliiniliselt oluliselt VM-el ($ES=0,5$), RF-el ($ES=0,8$), VL-el ($ES=0,8$) ja maksimaalne amplituud RF-el ($ES=0,7$).



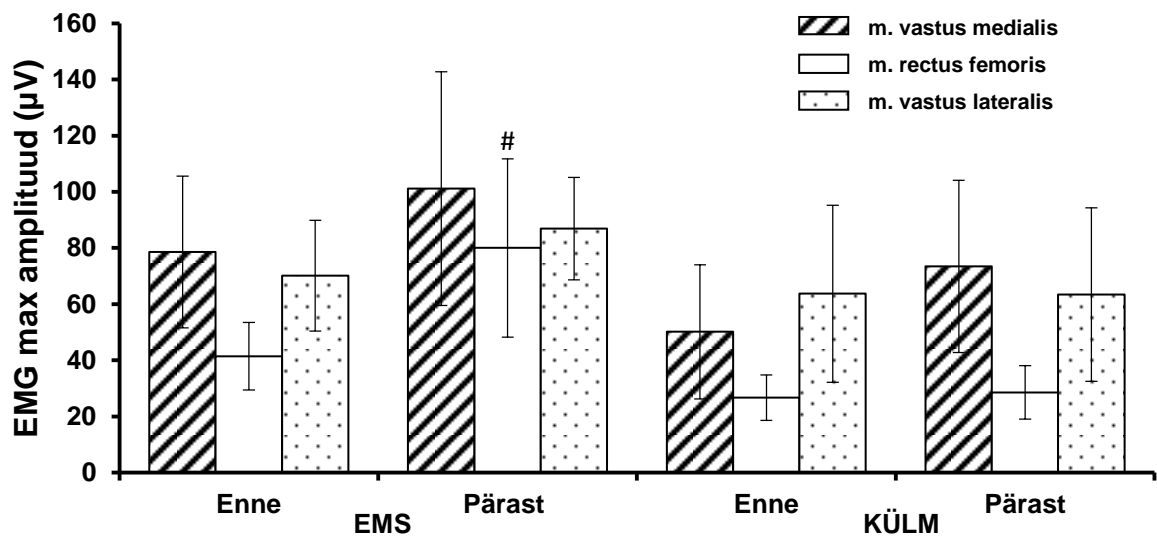
Joonis 6. Reie-nelipealihase erinevate peade elektromüograafilise (EMG) aktiivsuse keskmine amplituud maksimaalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel (keskmine \pm SE). A - preoperatiivselt, 1. ja 5. postoperatiivsel päeval (n=14); B - preoperatiivselt ja 4 kuud postoperatiivselt (n=10). Postop – postoperatiivne. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.



Joonis 7. Reie-nelipealihase erinevate peade elektromüograafilise (EMG) aktiivsuse maksimaalne amplituud maksimaalsel tahtlisel isomeetrilisel pingutusel (keskmine \pm SE). A - preoperatiivselt, 1. ja 5. postoperatiivsel päeval (n=14); B - preoperatiivselt ja 4 kuud postoperatiivselt (n=10). Postop – postoperatiivne. ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$.



Joonis 8. Reie-nelipealihase erinevate peade elektromüograafilise (EMG) aktiivsuse keskmine amplituud maksimaalsel tahtsel isomeetrilisel pingutusel enne lihaste elektrostimulatsiooni (EMS; n=7) ja külmaravi (KÜLM; n=7) ning pärast võrrelduna 1. postoperatiivse päeva amplituudiga (keskmine \pm SE). # kliiniliselt oluline erinevus ($ES \geq 0,4$) võrreldes mõjutuse eelse aktiivsusega.

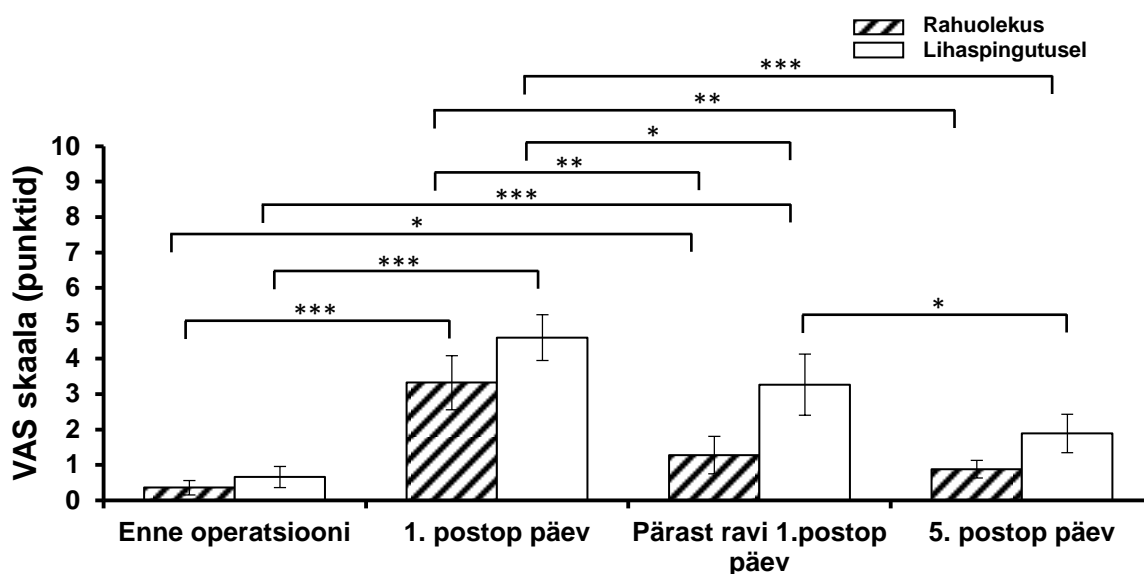


Joonis 9. Reie-nelipealihase erinevate peade elektromüograafilise (EMG) aktiivsuse maksimaalne amplituud maksimaalsel tahtsel isomeetrilisel pingutusel enne lihaste elektrostimulatsiooni (EMS; n=7) ja külmaravi (KÜLM; n=7) ning pärast võrrelduna 1. postoperatiivse päeva amplituudiga (keskmine \pm SE). # kliiniliselt oluline erinevus ($ES \geq 0,4$) võrreldes mõjutuse eelse aktiivsusega.

4.3. Valu dünaamika pre- ja postoperatiivselt

Preoperatiivselt oli valu tugevus keskmiselt 0,4 palli rahuolekus ja 0,7 palli lihaspingutusel. Esimesel postoperatiivsel päeval võrreldes preoperatiivse tasemega suurenes valu tugevus oluliselt ($p<0,001$): keskmiselt 3,3 pallini rahuolekus ja 4,6 pallini lihaspingutusel (Joonis 10). Esimesel postoperatiivsel päeval vahetult pärast mõlemat ravi langes valu tugevus oluliselt ($p<0,05$): keskmiselt 1,7 pallini rahuolekus ja 3,6 pallini lihaspingutusel. Viiendaks postoperatiivseks päevaks oli valu tugevus oluliselt ($p<0,01$) alanenud (rahuolekus 2,4 palli ja lihaspingutusel 2,7 palli) võrrelduna esimese postoperatiivse päevaga. Kahel uuritava esimesel valu (0,2 palli) nii rahuolekus kui ka lihaspingutusel nelja kuu möödumisel operatsioonist.

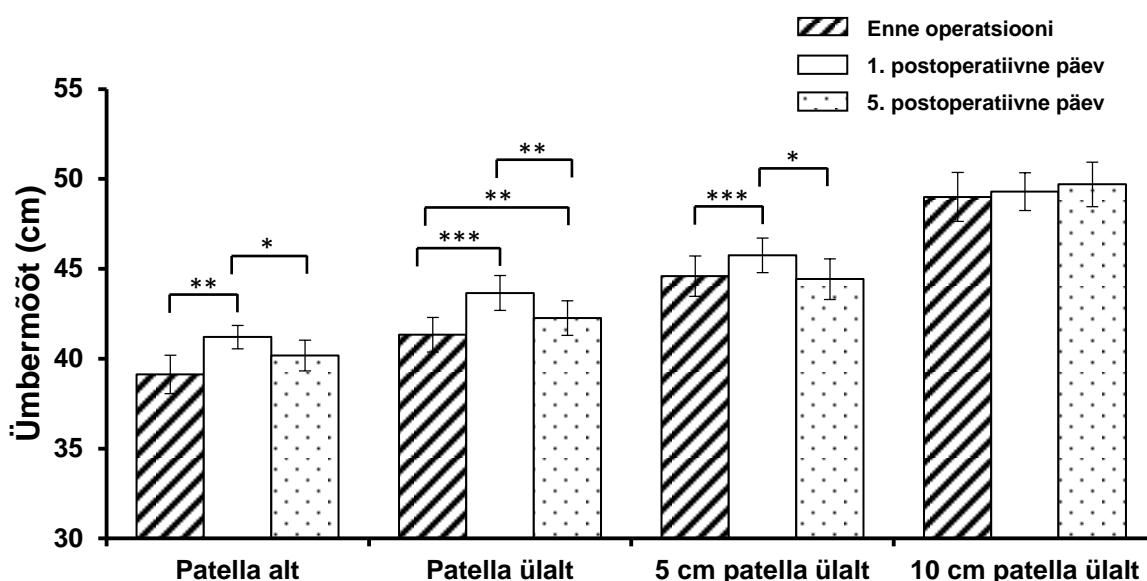
EMS-i järgselt alanes valu tugevus rahuolekus oluliselt ($p<0,05$), seda keskmiselt 1,8 palli. Lihaspingutusel alanes valu tugevus keskmiselt 1,6 palli EMS-i akuutsel toimetel. Külmaravi järgselt alanes valu tugevus rahuolekus 1,4 palli ja lihaspingutusel 0,3 palli.



Joonis 10. Valu tugevus enne operatsiooni, 1. postoperatiivsel päeval enne ja pärast ravi (elektrostimulatsioon ja külmaravi) ja 5. postoperatiivsel päeval rahuolekus ja lihaspingutusel (keskmine \pm SE) ($n=14$). Postop – postoperatiivne. * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$.

4.4. Ümbermõõdude dünaamika pre- ja postoperatiivselt

Esimesel postoperatiivsel päeval olid põlveliigese ümbermõõdud määratuna *patella* ala- ja ülaosast ning reie ümbermõõt 5 cm kõrguselt *patella*-st suurenenud oluliselt ($p<0,01$) võrreldes preoperatiivse tasemega (Joonis 11). *Patella* ala- ja ülaosast määratud ümbermõõdud oli suurenenud keskmiselt 2 cm võrra. Viiendaks postoperatiivseks päevaks olid ümbermõõdud alanenud võrrelduna esimese postoperatiivse päevaga kõikides mõõdetud piirkondades. Kõige enam vähenes (keskmiselt 1,4 cm võrra) *patella* ülaosast määratud ümbermõõt 5. postoperatiivseks päevaks. Viie ja 10 cm kõrgusel *patella*-st määratud ümbermõõt taandus preoperatiivsele tasemele 5. postoperatiivseks päevaks.

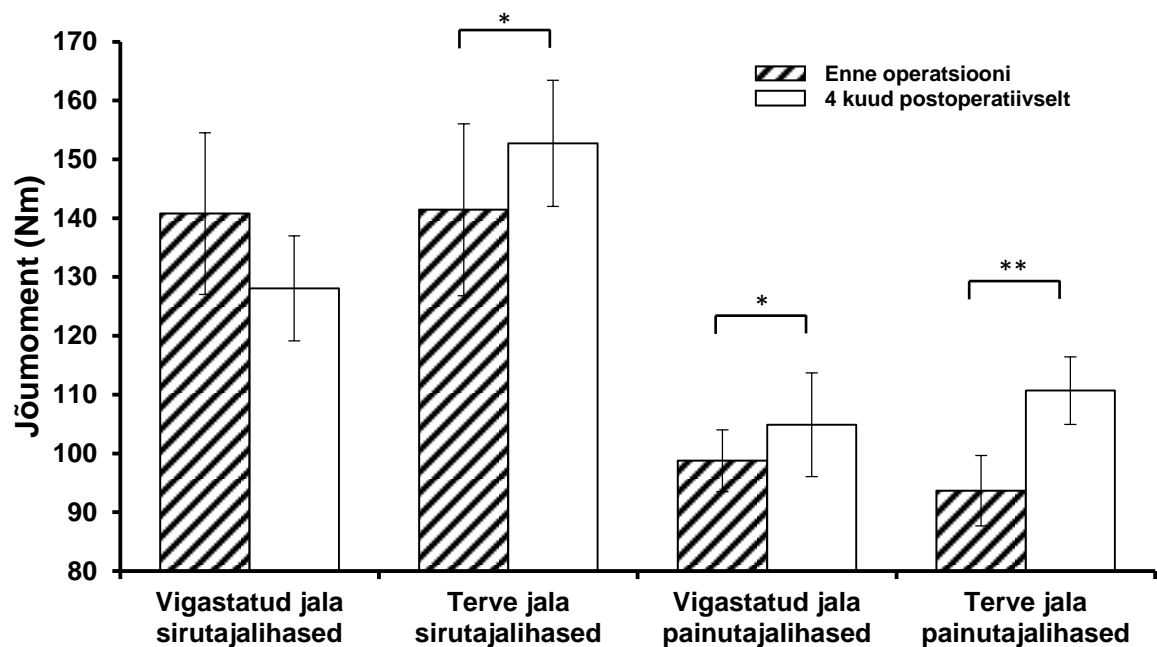


Joonis 11. Põlveliigese ja reielihaste ümbermõõdud mõõdetuna erinevatest piirkondadest enne operatsiooni, 1. postoperatiivsel päeval ja 5. postoperatiivsel päeval (keskmine \pm SE) ($n=14$). * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$.

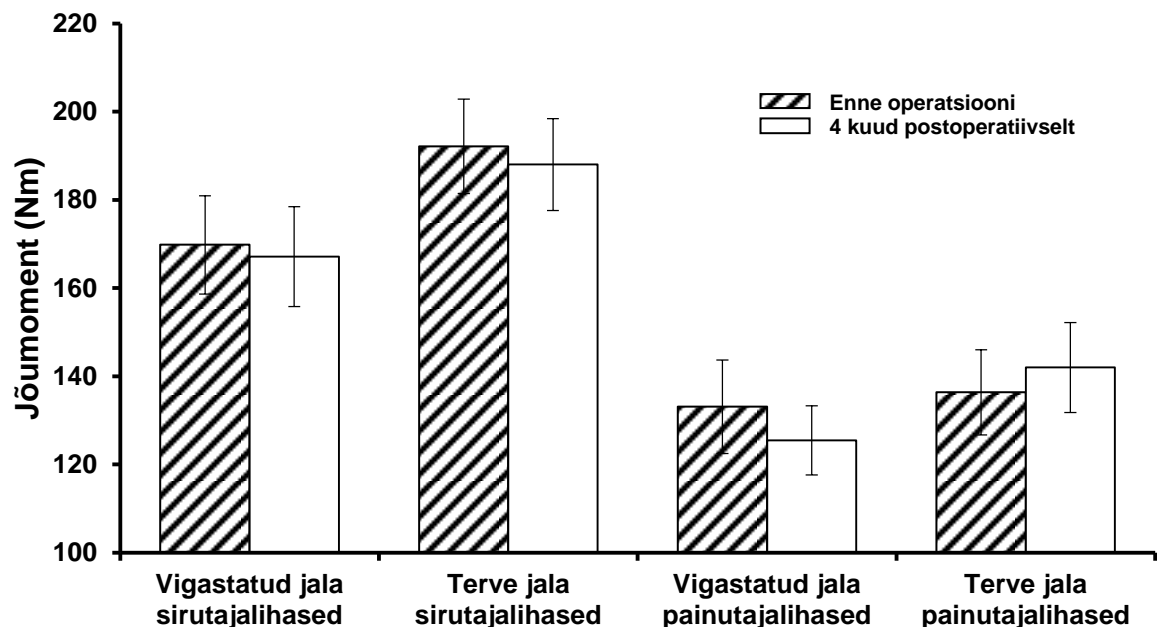
4.5. Isokineetilise jõu näitajate dünaamika pre- ja postoperatiivselt

Isokineetilise jõu moment preoperatiivselt ja 4 kuud postoperatiivselt sääre sirutaja- ja painutajalihastel nurkkiirusel $180^\circ/s$ on esitatud joonisel 12 ja nurkkiirusel $60^\circ/s$ on esitatud joonisel 13. Nurkkiirusel $180^\circ/s$ nähtus statistiliselt oluliselt suurem jõumoment terve jala sirutajalihastel ning terve ja vigastatud jala painutajalihastel ($p<0,05$) neli kuud postoperatiivselt võrrelduna preoperatiivse tasemega. Jõumoment vigastatud jala sirutajalihastel ei erinenud oluliselt nurkkiirusel $180^\circ/s$ preoperatiivselt ja neli kuud

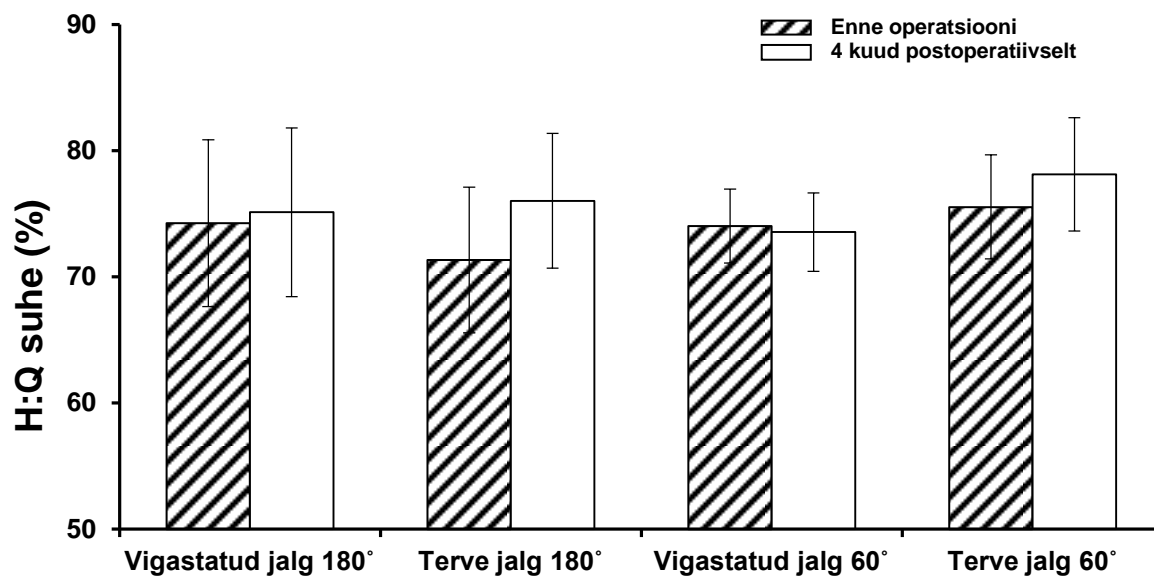
postoperatiivselt. Nurkkiirusel 60°/s olulisi erinevusi isokineetilises jõumomendis tervel ja vigastatud jalal pre- ja postoperatiivselt ei täheldatud. Samuti ei täheldatud statistiliselt olulisi erinevusi H:Q suhtes (Joonis 14) ja jõudefitsiidis (Joonis 15) määratuna preoperatiivselt ja neli kuud postoperatiivselt.



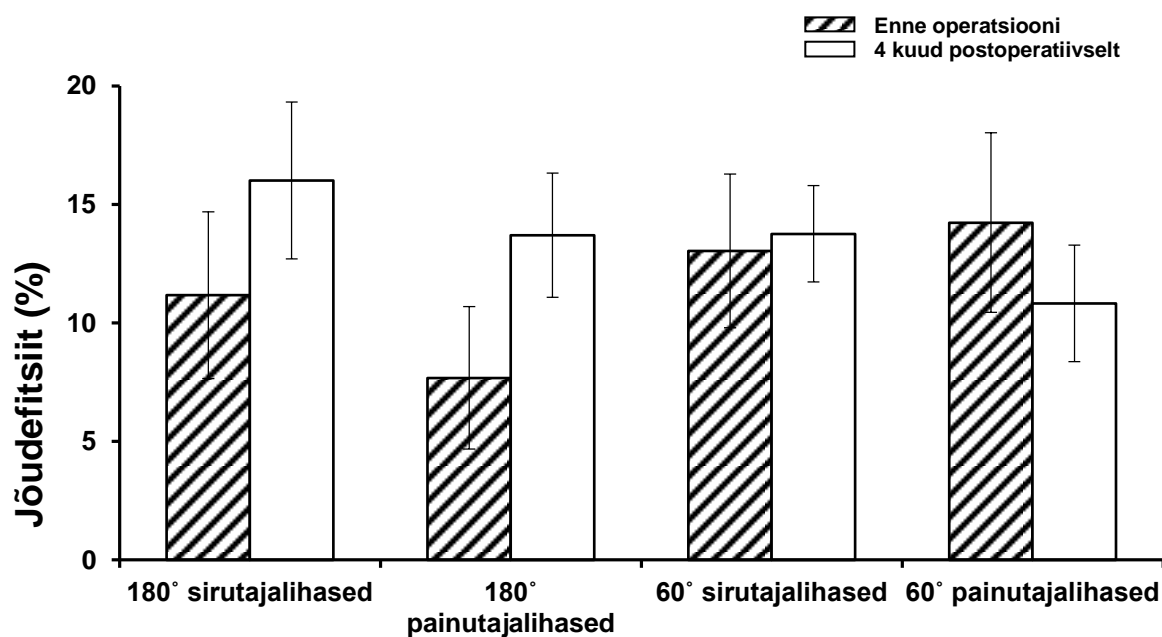
Joonis 12. Isokineetilise jõu moment sääre sirutaja- ja painutajalihasel preoperatiivselt ja 4 kuud postoperatiivselt nurkkiirusel 180°/s vigastatud ja tervel jalal (keskmine \pm SE) (n=10). * p<0,05; ** p<0,01.



Joonis 13. Isokineetilise jõu moment sääre sirutaja- ja painutajalihasel preoperatiivselt ja 4 kuud postoperatiivselt nurkkiirusel 60°/s vigastatud ja tervel jalal (keskmine \pm SE) (n=10).



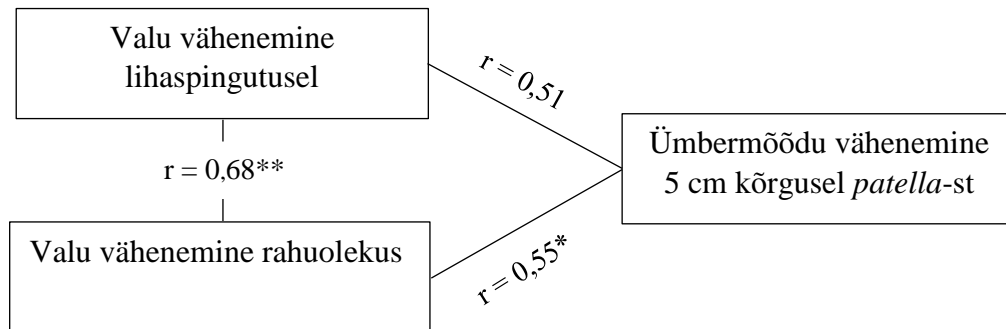
Joonis 14. Sääre sirutaja- ja painutajalihaste jõumomendi suhe (H:Q) preoperatiivselt ja 4 kuud postoperatiivselt nurkkiirustel 180°/s ja 60°/s vigastatud ja tervel jalal (keskmine \pm SE) (n=10).



Joonis 15. Sääre sirutaja- ja painutajalihaste jõudefitsiit preoperatiivselt ja 4 kuud postoperatiivselt nurkkiirustel 180°/s ja 60°/s vigastatud ja tervel jalal (keskmine \pm SE) (n=10).

4.6. Korrelatsioonanalüüs

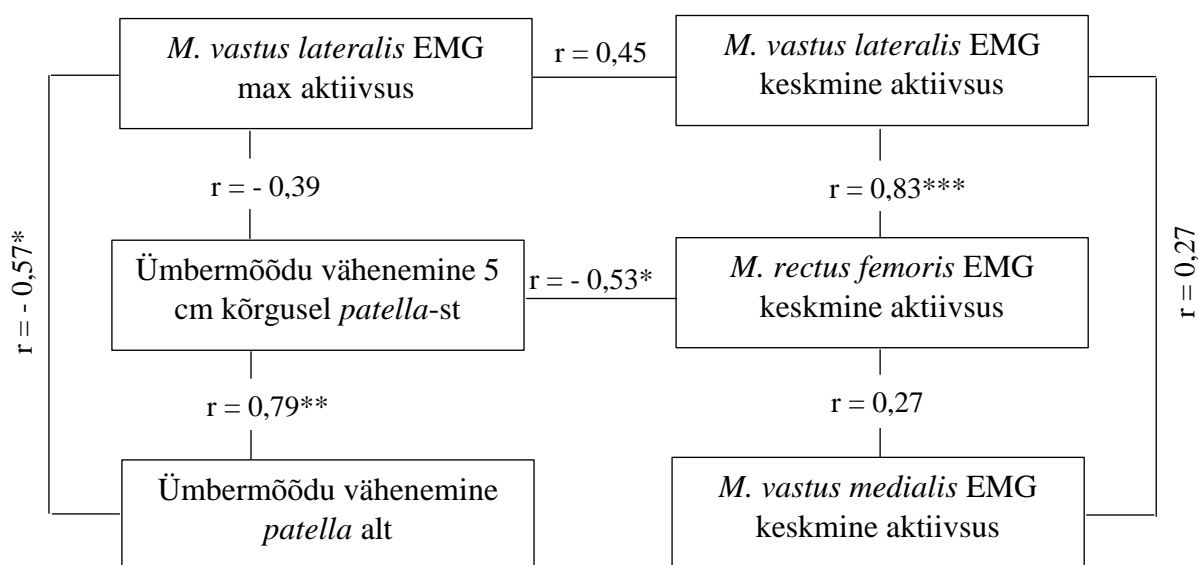
Oluline korrelatiivne seos ilmnes valu ja ümberrmõõdu vähenemise vahel 5. postoperatiivsel päeval võrreldes 1. postoperatiivse päevaga (Joonis 16).



Joonis 16. Rahuoleku ja lihaspingutuse valu korrelatiivsed seosed ümberrmõõduga 5 cm kõrgusel *patella*-st 5. postoperatiivsel päeval võrreldes 1. postoperatiivse päevaga (n=14).

* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$.

Joonisel 17 on esitatud korrelatiivsed seosed reie-nelipealihase EMG amplituudide ja ümberrmõõdude vähenemise vahel 5. postoperatiivsel päeval võrreldes 1. postoperatiivse päevaga. RF-e EMG aktiivsuse keskmise amplituudi tõus oli seotud ümberrmõõdu vähenemisega 5 cm kõrgusel *patella*-st. VL-e EMG aktiivsuse maksimaalse amplituudi tõus oli seotud ümberrmõõdu vähenemisega *patella* alt. Ümberrmõõdu vähenemine 5 cm kõrgusel *patella*-st oli seotud ümberrmõõdu vähenemisega *patella* all. VL-e ja RF-e EMG aktiivsuse keskmised amplituudid olid omavahel positiivses seoses.



Joonis 17. Korrelatiivsed seosed reie-nelipealihase erinevate peade keskmise ja maksimaalse elektromüograafilise (EMG) aktiivsuse ja ümberrmõõdude (5 cm kõrgusel *patella*-st ja *patella* alt) vahel 5. postoperatiivsel päeval võrreldes 1. postoperatiivse päevaga (n=14). * p<0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.

5. TÖÖ TULEMUSTE ARUTELU

Käesolevas magistritöös käsitleti reie-nelipealihase funktsionaalse seisundi taastumise dünaamikat varajasel operatsioonijärgsel perioodil ACL-i rekonstruktsiooni järgselt meestel vanuses 18-44 eluaastat. Määrati reie-nelipealihase EMG aktiivsuse amplituudid maksimaalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel, reie-nelipealihase ja hamstring-lihaste isokineetilise jõu näitajad, reie ja põlveliigese übermõõdud, hinnati valu ning leiti korrelatiivsed seosed uuritud näitajate vahel. Uuritavatele teostati viiel järjestikusel postoperatiivsel päeval EMS-i kestvusega 25 minutit ja külmaravi kestvusega 30 minutit reie-nelipealihasele. Vaatluselused teostasid terapeutilisi harjutusi alates esimesest postoperatiivsest päevast kuni vähemalt nelja kuu möödumiseni operatsioonist.

5.1. Reie-nelipealihase elektromüograafilise aktiivsuse dünaamika tahtelisel isomeetrilisel pingutusel

Uuringust leiti, et reie-nelipealihase aktivatsioonivõime maksimaalsel tahtelisel isomeetrilisel pingutusel hinnatuna EMG keskmise ja maksimaalse amplituudi alusel langes oluliselt esimesel postoperatiivsel päeval võrrelduna preoperatiivse tasemega. Seejuures oli langus EMG keskmises amplituudis 15-ne kordne VM-el, 16-ne kordne RF-el ja 20-ne kordne VL-el. Postoperatiivset reie-nelipealihase madalat tahtelist aktivatsioonivõimet on seostatud AMI-ga, mis võimendub operatsiooni järgselt. AMI korral ei suudeta täielikult aktiveerida lihast, kuna motoneuronpuul on pidurdusseisundis ehk esineb kaitserefleks (Hart *et al.*, 2014; Hopkins & Ingersoll, 2000; Palmieri-Smith & Thomas, 2009). Kuna eelnevalt on leitud, et ACL-i rekonstruktsiooni varajases postoperatiivses faasis on efektiivne kasutada nii EMS-i kui ka külmaravi lihaste aktivatsioonivõime taastamise eesmärgil, siis käesolevas uuringus rakendati antud ravimeetodeid viiel järjestikusel postoperatiivsel päeval reie-nelipealihasele. EMS ja külmaravi aitavad vähendada AMI mõjusid ning taastada lihaste tahtelist aktivatsioonivõimet. EMS-i ja külmaravi protseduuride käigus tekkivad afferentsed erutavad mõjud vähendavad traumeeritud liigesest saabuvald blokeerivaid (inhibeerivaid) mõjusid, aidates sellega kaasa reie-nelipealihase aktivatsioonivõime taastumisele (Hart *et al.*, 2014; Hasegawa *et al.*, 2011; Rice *et al.*, 2009).

Uuringust selgus, et viiendaks operatsiooni järgseks päevaks oli kõigil kolmel lihasel EMG amplituud (keskmine ja maksimaalne) suurenenud märgatavalt võrreldes esimese

postoperatiivse päevaga. Eelnevad uuringud on näidanud, et varajane taastusravi on olulise tähtsusega. Mida varem saavutatakse lihaste aktivatsiooni taastumine, seda väiksem on lihassassi kadu (Ediz *et al.*, 2012; Hart *et al.*, 2012; Hasegawa *et al.*, 2011; Hopkins & Ingersoll, 2000). EMS-i kasutamisel suurendati voolutugevust iga postoperatiivse päevaga, mis tähendab, et töösse haarati järjest rohkem lihaskiude. Viiendaks postoperatiivseks päevaks olid vaatlusalused saavutanud reie-nelipealihase tahtelisel maksimaalsel pingutusel 40% EMG keskmisest ja 45% EMG maksimaalsest preoperatiivsest amplituudist. Reie nelipealihase EMG keskmine ja maksimaalne amplituud oli taastunud preoperatiivsele tasemele kõigil uuritud lihastel nelja kuu möödumisel operatsioonist.

Uuring näitas, et vahetult pärast EMS-i suurenes reie-nelipealihase EMG keskmine amplituud võrreldes preoperatiivse tasemega kõigil kolmel lihasel: VM-el 100%, RF-el 152% ja VL-el 121% ning EMG maksimaalne amplituud: VM-el 29%, RF-el 93% ja VL-el 24%. Külmaravi järgselt suurenes EMG keskmine amplituud kõigil kolmel lihasel: VM-el 25%, RF-el 19% ja VL-el 15%. Külmaravi toimet suurenes EMG maksimaalne amplituud VM-el 14% ja seejuures vähenes 16% RF-el ja 5% VL-el. Statistiliselt olulisi erinevusi EMG amplituudis ei täheldatud EMS-i ja külmaravi järgselt, kuid protsentuaalsed nihked, mis tekkisid, olid märgatavalt suuremad EMS-i järgselt. Kuna tulemused olid suure variatiivsusega ja vaatlusaluste arv oli väikse, leiti kliiniline relevantsus võrdlemaks, kas EMS ja külmaravi mõjutavad kliiniliselt oluliselt reie-nelipealihase aktivatsioonivõimet. Leiti, et kliinilise relevantsuse seisukohast on EMS efektiivsem kui külmaravi suurendamiseks reie-nelipealihase aktivatsioonivõimet. Kliiniline olulisus ilmnis EMG keskmise amplituudi muutuses kõigil kolmel lihasel ja maksimaalse amplituudi muutuses RF-el. Varasemalt on leitud, et külmaravi suurendab reie-nelipealihase aktivatsioonivõimet ning on võimalik saavutada tugevam maksimaalne tahteline isomeetriline kontraktsioon (Hart *et al.*, 2014; Rice *et al.*, 2009). Käesolev uuring näitas, et külmaravi toimet suureneb lihaste aktivatsioonivõime vähe ning külmaravi ei ole parim viis lihaste aktivatsioonivõime suurendamiseks. Varasemad uuringud on viidud läbi erinevates tingimustes. Hart jt. (2014) mõõtsid reie-nelipealihase tahtelist aktivatsioonivõimet 6 kuud postoperatiivselt ja 20 minutit pärast külmaravi lõppu ning mõõtmiste teostamisel kasutati EMS-il põhinevat meetodikat (ingl. *superimposed-burst technique*). Rice jt. (2009) viisid uuringu läbi eksperimentaalsetes tingimustes, põlveliigesesse süstiti saliini ja tegemist ei olnud ACL-i rekonstruktsiooni järgsete patsientidega.

5.2. Valu, ümbermõõdude ja isokineetilise jõu näitajate dünaamika

Käesolevast uuringust leiti, et enne operatsiooni oli valu hinnatuna VAS-skaalal peaaegu olematu (0,4 palli rahuolekus, 0,7 palli lihaspingutusel). Operatsiooni järgselt suurenes valu märgatavalt võrreldes operatsiooni-eelse tasemega: 725% rahuolekus ja 557% lihaspingutusel. Varasemalt on leitud, et 1. postoperatiivsel päeval on valu VAS-skaalal keskmiselt 3 palli ja 2. postoperatiivsel päeval on valu alanenud 1,4 palli võrra rahuolekus (Gupta *et al.*, 2016). Käesolevas töös leiti, et rahuolekus oli 1. postoperatiivsel päeval valu tugevus VAS-skaalal 3,3 palli. Uurimistöö tulemustest selgus, et esimesel postoperatiivsel päeval akuutselt pärast ravi alanes valu oluliselt nii rahuolekus (49%) kui ka lihaspingutusel (22%). EMS-i toimetel alanes valu keskmiselt 76% rahuolekus ja 45% lihaspingutusel. Külmaravi mõjul alanes valu vähem: 32% rahuolekus ja 6% lihaspingutusel. Leitud on, et külmaravi ja EMS on varajases postoperatiivses faasis efektiivsed ravimeetodid valu alandamiseks (Barber, 2000; Dambros *et al.*, 2012; Ediz *et al.*, 2012; Murgier & Cassard, 2014). Arvatakse, et külmaravi alandab lokaalset põletikku läbi vasokonstriksiooni ja vähendab närviimpulsi juhtekiirust motoorsetes ja sensorsetes närvikiududes, mille toimetel alaneb valu. Külmaravi toimetel valuretseptorite tundlikkus alaneb ja valu keemiline toime retseptoritele väheneb (Rice *et al.*, 2009). Külmaravi mõju sõltub paljuski subkutaanse rasvakihi paksusest (Levy *et al.*, 2016; Martimbianco *et al.*, 2014; Ruffilli *et al.*, 2015). EMS-i puhul arvatakse, et elektromagnetväljad vähendavad põletikku (tähelestatud on põletikumarkerite kontsentratsiooni vähenemist veres) ja seetõttu alaneb valu ja turse (Benazzo *et al.*, 2008). Viiendaks postoperatiivseks päevaks oli valu tugevus alanenud 74% rahuolekus ning 59% lihaspingutusel. Nelja kuu möödumisel operatsioonist esines uuritavatel vähene valu (0,2 palli) rahuolekus ja lihaspingutusel. Varasemalt on leitud, et 3 kuud pärast operatsiooni on suurem osa uuritavatest valuvabad (Drechsler *et al.*, 2006).

Uurimistööst leiti, et postoperatiivselt tekib märkimisväärne turse põlveliigeses, mida näitab ümbermõõdu suurenemine enamikus uuritud piirkondades. Eelkõige suureneb põlve ümbermõõt *patella* ala- ja ülaosast (2 cm võrra). Selgus, et viie postoperatiivse päevaga alanesis ümbermõõdud kõikides mõõdetud piirkondades. Kõige enam alanes turse *patella* ülaosast (keskmiselt 1,4 cm võrra) viiendaks postoperatiivseks päevaks. On leitud, et külmaravi ja EMS ravimeetoditena alandavad turset (Barber, 2000; Ediz *et al.*, 2012; Levy *et al.*, 2016; Martimbianco *et al.*, 2014; Murgier & Cassard, 2014; Ruffilli *et al.*, 2015).

Käesolevas uuringus mõõdeti isokineetilist jõudu sääre sirutaja- ja painutajalihastel. Kolmel uuritaval oli preoperatiivselt vigastatud jalg tugevam, kuid nelja kuu möödudes operatsioonist oli kõigil kümnel uuritaval vigastatud jalg tervest jalast nõrgem. Nelja kuu möödumisel operatsioonist nähtus oluliselt suurem jõumoment nurkkiirusel 180°/s terve jala sirutajalihastel ning vigastatud ja terve jala painutajalihastel võrreldes preoperatiivse tasemega. Vigastatud jala sirutajalihaste jõud nurkkiirusel 180°/s ja nii sirutaja- kui ka painutajalihaste jõud tervel ja vigastatud jalal nurkkiirusel 60°/s olid taastunud preoperatiivsele tasemele nelja kuu möödumisel operatsioonist. Isokineetilise jõu põhjal leiti H:Q suhe. Normipäraseks H:Q suhtes peetakse 50% - 80%, mida suurem nurkkiirus seda suurem on H:Q suhe (Bennell *et al.*, 1998). Uuringust selgus, et H:Q oli keskmiselt 75% mõlemal kehapoolel nurkkiirusel 180°/s ja 60°/s preoperatiivselt ja 4 kuud postoperatiivselt. Olulist erinevust ei ilmnenud preoperatiivse ja 4 kuud postoperatiivse H:Q suhte vahel ega jõudefitsiidis. Reie-nelipealihase jõudefitsiit, mis jääb alla 10%, loetakse eelduseks sportliku tegevuse juurde tagasi pöördumiseks (Arder *et al.*, 2011). Kuna antud töösse kaasatud uuritavate jõudefitsiit jäi nelja kuu möödudes operatsioonist üle 10%, siis oli vajalik jätkata taastusraviga. Varasemalt on leitud, et EMS on ACL-i rekonstruktsiooni järgselt varajases postoperatiivses faasis efektiivne ennetamaks lihasatroofiat ja nõrkust. Hasegawa jt. (2011) on leidnud, et EMS-i toimetel on 3 kuud pärast operatsiooni isokineetilise jõu moment suurem, kui mitte EMS-i saanutel. Kuna käesolevas uuringus alustati taastusraviga juba esimesel postoperatiivsel päeval ja uuritavatele teostati EMS-i, siis need asjaolud võisid mängida rolli jõunäitajate kiires taastumises.

5.3. Korrelatiivsed seosed, limiteerivad faktorid ja praktilised väljundid

Korrelatsioonanalüüsist selgus, et valu vähenemine rahuolekus oli positiivselt seotud ümbermõõdu vähenemisega 5 cm kõrgusel *patella*-st esimesel postoperatiivsel nädalal. Ümbermõõtude vähenemine 5 cm kõrgusel *patella*-st ja *patella* alt korreleerusid negatiivselt vastavalt RF-e ja VL-e tahtelise aktivatsioonivõimega esimesel postoperatiivsel nädalal. Tulemus näitab, et kui liigese funktsioon taastub turse alanemise näol, siis lihase aktivatsioonivõime taastub sellega seoses. Rice jt. (2009) on leidnud, et turse mõjutab negatiivselt reie-nelipealihase aktivatsioonivõimet, mis tuleneb osaliselt suurest spinaalreflekside inhibitsioonist reie-nelipealihase motoneuronpuulis. Kuid Lynch jt. (2012) leidsid hilisemas uuringus, et liigese turse ei mõjuta reie-nelipealihase aktivatsiooni defitsiiti. Selgus, et VL ja RF käituvad sarnaselt lihase aktivatsioonivõime taastumisel. Kui VL-el

aktivatsioon suurenes, siis suurenes aktivatsioon ka RF-el või vastupidi. VM-e aktivatsioonivõime ei korreleerunud teiste lihastega oluliselt, seega käitub VM mõnevõrra erinevalt aktivatsioonivõime taastumisel.

Üheks uurimistööd limiteerivaks faktoriks oli väike vaatlusaluste arv: EMS-i grupis 7 uuritavat ja külmaravi grupis samuti 7 vaatlusalust. Uuringusse planeeriti algselt kaasata vähemalt 20 vaatlusalust, aga kuna uuringugruppidele olid seatud teatud limiteeringud, siis mitmed opereeritavad ei vastanud uuringusse kaasamise tingimustele. Kuna uuritavate arv oli väike, siis ei saanud statistika põhjal teha üldistavaid järeldusi.

Edaspidistesse uuringutesse on otstarbekas kaasata rohkem vaatlusaluseid, et kinnitada või lükata ümber antud töös leitud tulemusi. Samuti võiksid järgnevad uuringud kaasata ka naissoost vaatlusaluseid ning võrrelda naiste ja meeste taastumist omavahel. Varajase operatsiooni järgse seisundi hindamiseks on otstarbekas edaspidi mõõta lihasjõudu manuaalse dünamomeetriga paralleelselt EMG registreerimise ajal. Käesolevas töös mõõdeti isokineetilise jõu näitajaid preoperatiivselt ning postoperatiivne jõu mõõtmine oli võimalik nelja kuu möödumisel operatsioonist. Manuaalse dünamomeetriga oleks võimalik mõõta lihasjõudu juba 1. postoperatiivsel päeval.

Magistritöös kasutati keskväärtuste võrdlemisel kliinilist olulisust lisaks statistilisele olulisusele (kliiniliselt olulised muutused ilmnesh EMS-i toimet, kus statistilist olulisust ei ilmnenu). Kliiniline relevantus annab eelduse, et suurema valimi korral võib EMS-i akuutne mõju lihase pingutusvõime suurendamisel omandada statistilise olulisuse.

Uurimistöö positiivse küljena võib välja tuua teema uudsuse: ülevaade varajasest ACL-i rekonstruktsiooni järgsest seisundist ning uuringu meetodiline mitmekülsus. Käesolevast tööst saavad praktilist kasu füsioterapeudid, kes tegelevad antud patsientidega ning taastusraviarstid ja ortopeedid, kes suunavad patsiente taastusravile. Samuti võib antud uurimistööst kasu olla ACL-i vigastusega patsientidele, et teadvustada taastusravi olulisust.

6. JÄRELDUSED

Käesoleva magistritöö tulemuste põhjal võib teha alljärgnevad järeldused:

1. Esimesel päeval pärast eesmise ristatasime rekonstruktsiooni esineb vigastatud jala reie-nelipealihasel tahtelise aktivatsioonivõime väga ulatuslik langus. Viiendal operatsiooni järgsel päeval on reie-nelipealihase tahteline aktivatsioonivõime võrreldes esimeses postoperatiivse päevaga oluliselt suurenenud ning nelja kuu möödumisel operatsioonist on taastunud preoperatiivsele tasemele.
2. Esimesel operatsioonijärgsel päeval tõstab ravina kasutatud elektrostimulatsioon reie-nelipealihase tahtelist aktivatsioonivõimet ulatuslikumalt kui ühekordne külmaravi.
3. Nelja kuu möödudes operatsioonist on reie-nelipealihase isokineetilise jõu näitajad taastunud preoperatiivsele tasemele.
4. Esimesel operatsioonijärgsel päeval tekib põlveliigese piirkonnas märkimisväärne turse ja valu, mis väheneb viiendaks operatsiooni järgseks päevaks.
5. Esimesel operatsioonijärgsel nädalal ilmneb korrelatiivne seos valu vähenemise ja reie-nelipealihase tahtelise aktivatsioonivõime suurenemise vahel, samuti valu ja reie ümbermõõtude vähenemise vahel.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Adams D, Logerstedt D, Hunter-Giordano A, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Current Concepts for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Criterion-Based Rehabilitation Progression. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2012; 42(7): 601-614. Doi: 10.2519/jospt.2012.3871.
2. Angoules AG, Mavrogenis AF, Dimitriou R, Karzis K, Drakoulakis E, *et al.* Knee proprioception following ACL reconstruction; a prospective trial comparing hamstrings with bone-patellar tendon-bone autograft. *The Knee Journal* 2011; 18(2): 76-82. Doi: 10.1016/j.knee.2010.01.009.
3. Ardern CL, Webster KE, Taylor NF, Feller JA. Return to the preinjury level of competitive sport after anterior cruciate ligament reconstruction surgery: two-thirds of patients have not returned by 12 months after surgery. *The American Journal of Sports Medicine* 2011; 39(3):538-543.
4. Armijo-Olivio S, Warren S, Fuentes J, Magee DJ. Clinical relevance vs statistical significance: Using neck outcomes in patients with temporomandibular disorders as an example. *Manual Therapy* 2011; 16(6):563-572.
5. Barber FA. A comparison of crushed ice and continuous flow cold therapy. *The American Journal of Knee Surgery* 2000; 13(2): 97-101.
6. Benazzo F, Cadossi M, Cavani F, Fini M, Giavaresi G, *et al.* Cartilage repair with osteochondral autografts in sheep: Effect of biophysical stimulation with pulsed electromagnetic fields. *Journal of Orthopaedic Research* 2008; 26(5): 631-642. Doi:10.1002/jor.20530.
7. Bennell K, Wajswelner H, Lew P, Schall-Riauour A, Leslie S, *et al.* Isokinetic strength testing does not predict hamstring injury in Australian Rules footballers. *British Journal of Sports Medicine* 1998; 32(4): 309-314.
8. Borsa PA. The effects of joint position and direction of joint motion on proprioceptive sensibility in anterior cruciate ligament-deficient athletes. *The American Journal of Sports Medicine* 1997; 25(3): 336-340.

9. Christanell F, Hoser C, Huber R., Fink C, Luomajoki H. The influence of electromyographic biofeedback therapy on knee extension following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Sports Medicine Arthroscopy Rehabilitation Therapy & Technology* 2012; 4(1): 41. Doi: 10.1186/1758-2555-4-41.
10. Cohen J. The concepts of power analysis. Hillsdale: *Academic Press Inc* 1988; 1-17.
11. Culvenor AG, Crossley KM. Patellofemoral Osteoarthritis: Are We Missing an Important Source of Symptoms After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2016; 46(4): 232-234.
12. Cvjetkovic DD, Bijeljic S, Palija S, Talic G, Radulovic TN, *et al.* Isokinetic Testing in Evaluation Rehabilitation Outcome After ACL Reconstruction. *Journal of the Academy of Medical Sciences in Bosnia and Herzegovina* 2015; 69(1): 21-23. Doi: 10.5455/medarh.2015.69.21-23.
13. Dambros C, Martimbianco ALC, Polachini LO, Lahoz GL, Chamlian TR, *et al.* Effectiveness of cryotherapy after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Ortopedica Brasileira* 2012; 20(5): 285-290. Doi: 10.1590/S1413-78522012000500008.
14. Dauty M, Menu P, Fouasson-Chailloux A, Dubois C. Muscular isokinetic strength recovery after knee anterior cruciate ligament reconstruction revision: preliminary study. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 2014; 57(1): 55-65. Doi: 10.1016/j.rehab.2013.10.005.
15. Drechsler WI, Cramp MC, Scott OM. Changes in muscle strength and EMG median frequency after anterior cruciate ligament reconstruction. *European Journal of Applied Physiology* 2006; 98(6): 613-623. Doi: 10.1007/s00421-006-0311-9.
16. Ediz L, Ceylan MF, Turktas U, Yanmis I, Hiz O. A randomized controlled trial of electrostimulation effects on effusion, swelling and pain recovery after anterior cruciate ligament reconstruction: a pilot study. *Clinical rehabilitation* 2012; 26(5): 413-422. Doi: 10.1177/0269215511421029.
17. Ellison AE, Berg EE. Embryology, anatomy, and function of the anterior cruciate ligament. *Orthopedic Clinics of North America* 1985, 16(1): 3-14.

18. Gupta R, Kapoor D, Kapoor L, Malhotra A, Masih GD, *et al.* Immediate post-operative pain in anterior cruciate ligament reconstruction surgery with bone patellar tendon bone graft versus hamstring graft. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research* 2016; 11(1): 67. Doi: 10.1186/s13018-016-0399-5.
19. Hart JM, Kuenze CM, Diduch DR, Ingersoll CD. Quadriceps muscle function after rehabilitation with cryotherapy in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Athletic Training* 2014; 49(6): 733-739. Doi: 10.4085/1062-6050-49.3.39.
20. Hart JM, Kuenze CM, Pietrosimone BG. Quadriceps function in anterior cruciate ligament deficient knees exercising with transcutaneous electrical nerve stimulation and cryotherapy: A randomized controlled study. *Clinical rehabilitation* 2012; 26(11): 974-981. Doi: 10.1177/0269215512438272.
21. Hart JM, Pietrosimone BG, Hertel J, Ingersoll CD. Quadriceps activation following knee injuries: a systematic review. *Journal of Athletic Training* 2010; 45(1): 87-97. Doi: 10.4085/1062-6050-45.1.87.
22. Hasegawa S, Kobayashi M, Arai R, Tamaki A, Nakamuran T, *et al.* Effect of early implementation of electrical muscle stimulation to prevent muscle atrophy and weakness in patients after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2011; 21(4): 622-630. Doi:10.1016/j.jelekin.2011.01.005.
23. Hopkins JD, Ingersoll CD. Artrogenic muscle inhibition: a limiting factor in joint rehabilitation. *Journal of Sports Rehabilitation* 2000; 9(2): 135-159.
24. Jensen MP, Chen C, Brugger AM. Interpretation of visual analog scale ratings and change scores: a reanalysis of two clinical trials of postoperative pain. *The Journal of Pain* 2003; 4(7): 407-414.
25. Kim K, Jeon K, Mullineaux DR, Cho E. A study of isokinetic strength and laxity with and without anterior cruciate ligament injury. *Journal of Physical Therapy Science* 2016; 28(12): 3272-3275. Doi: 10.1589/jpts.28.3272.
26. Konishi Y, Fukubayashi T, Takeshita D. Possible mechanism of quadriceps femoris weakness in patients with ruptured anterior cruciate ligament. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2002; 34(9):1414–1418.

27. Levy DM, Frank RM, Bach BR, Verma NN. Perioperative Pain and Swelling Control in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Operative Techniques in Sports Medicine* 2016; 24(1): 21-28.
28. Lynch AD, Logerstedt DS, Axe MJ, Snyder-Mackler L. Quadriceps Activation Failure After Anterior Cruciate Ligament Rupture Is Not Mediated by Knee Joint Effusion. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2012; 42(6): 502-510.
Doi: 10.2519/jospt.2012.3793.
29. Martimbianco AL, Gomes da Silva BN, de Carvalho AP, Silva V, Torloni MR, *et al.* Effectiveness and safety of cryotherapy after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. A systematic review of the literature. *Physical Therapy in Sport* 2014; 15(4): 261-268. Doi: 10.1016/j.ptsp.2014.02.008.
30. McHugh MP, Tyler TF, Nicholas SJ, Browne MG, Gleim GW. Electromyographic Analysis of Quadriceps Fatigue After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 2001; 31(1): 25-32.
31. Medvecky MJ, Nelson S. Kinesiophobia and Return to Sports After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The Journal of the Connecticut State Medical Society* 2015; 79(3): 155-157.
32. Murgier J, Cassard X. Cryotherapy with dynamic intermittent compression for analgesia after anterior cruciate ligament reconstruction. Preliminary study. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 2014; 100(3): 309-312.
33. Nagelli CV, Hewett TE. Should Return to Sport be Delayed Until 2 Years After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? Biological and Functional Considerations. *Clinical Journal of Sports Medicine* 2017; 47(2): 221-232.
34. Niga S, Yamamoto H, Furuya K. Recovery of extensor muscle strength in athletes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Orthopaedic Science* 1996; 1(3): 171-177.
35. Palmieri-Smith RM, Thomas AC. A neuromuscular mechanism of posttraumatic osteoarthritis associated with ACL injury. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 2009; 37(3): 147–153. Doi: 10.1097/JES.0b013e3181aa6669.

36. Paterno MV, Rauh MJ, Schmitt LC, Ford KR, Hewett TE. Incidence of second ACL injuries 2 years after ACL reconstruction and return to sport. *The American Journal of Sports Medicine* 2014; 42(7): 1567-1573.
37. Remer EM, Fitzgerald SW, Friedman H, Rogers LF, Hendrix RW, *et al.* Anterior Cruciate Ligament Injury: MR Imaging Diagnosis and Patterns of Injury. *Radiographics* 1992; 12(5): 901-915.
38. Rice D, McNair PJ, Dalbeth N. Effects of Cryotherapy on Arthrogenic Muscle Inhibition Using an Experimental Model of Knee Swelling. *Arthritis & Rheumatism* 2009; 61(1): 78-83.
39. Ruffilli A, Buda R, Castagnini F, Di Nicolantonio Evangelisti G, Giannini S, *et al.* Temperature-controlled continuous cold flow device versus traditional icing regimen following anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized comparative trial. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 2015; 135(10): 1405-1410. Doi: 10.1007/s00402-015-2273-z.
40. Zaman M, Sabir N, Mills SP, Charalambous CP. Pseudogout: A Rare Cause of Acute Arthritis Following Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Knee Surgery & Related Research* 2015; 27(3): 194-196. Doi: 10.5792/ksrr.2015.27.3.194.
41. Thomas AC, Villwock M, Wojtys EM, Palmieri-Smith RM. Lower Extremity Muscle Strength After Anterior Cruciate Ligament Injury and Reconstruction. *Journal of Athletic Training* 2013; 48(5): 610-620. Doi: 10.4085/1062-6050-48.3.23.
42. Ueda Y, Matsushita T, Araki D, Kida A, Takiguchi K, *et al.* Factors affecting quadriceps strength recovery after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autografts in athletes. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy Journal* 2016; Online 23.08.16: 1-7. Doi:10.1007/s00167-016-4296-6.
43. Wright RW, Preston E, Fleming BC, Amendolal A, Andrish JT, *et al.* ACL Reconstruction Rehabilitation: A Systematic Review Part I. *Journal of Knee Surgery* 2008; 21(3): 217-224. Doi: 10.1055/s-0030-1247822.

LISAD

Lisa 1. Uuritava nõusolekuleht

Uuritava informeerimise ja teadliku nõusoleku vorm

Kutse uuringus osalemiseks! Alljärgnevalt on kajastatud info uuringu läbiviimisest ning Teie õigustest selle raames.

Uuringu täielik nimetus (töö teema):

Reie-nelipealihase funktsionaalse seisundi taastumise dünaamika põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsiooni järgselt meestel.

Uuringu toimumise koht:

Tartu Ülikooli Kliinikumi Sporditraumatoloogia keskus. Puusepa 1a, Tartu.

Uuringu eesmärk:

Uurimistöö eesmärgiks on välja selgitada reie-nelipealihase funktsionaalse seisundi taastumise dünaamika varajasel operatsiooni järgsel perioodil põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsiooni järgselt meestel.

Uuringust saadav kasu:

Antud uurimistöö annab selgema ülevaate operatsiooni järgses füsioteraapias kasutatavate meetodite efektiivsusest. Uurimistöö võib olla abiks tulevastele ja töötavatele füsioterapeutidele põlveliigese eesmise ristatisideme operatsiooni järgse taastusravi teostamisel. Uuringus osalemise tulemusena aitate kaasa operatsiooni järgse taastusravi arengule ning saate teada oma kehalised näitajad.

Uuringusse kaasamine:

Uuringus osalemine on Teile vabatahtlik ning igal hetkel on võimalik uuringus osalemisest loobuda, millega ei kaasne kohustusi.

Anonüümsus:

Esimesel kohtumisel kogutakse Teilt üldandmed (vanus, kehamass, keha pikkus, trauma kuupäev, kehaline aktiivsus minutit/nädalas, valu tugevus, põlveliigese ja reielihaste ümbermõõdud). Andmed kodeeritakse ning edasine töö toimub isikustamata kujul. Kogutud andmetele on juurdepääs ainult töö teostajatel ja vastutaval uurijal. Kogutud

andmeid säilitatakse Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika labori arvutis. Isikuandmeid säilitatakse kuni teadustöö lõppemiseni, mille järel need hävitatakse. Andmed publitseeritakse 2017. aasta kevadel valmivas magistritöös. Andmete avaldamisel tagatakse täielikult Teie anonüümsus. Antud teadustöö teostamise kooskõlastas Tartu Ülikooli inimuuringute eetika komitee (protkoll nr 255/T-2), kelle poole saate pöörduda kui tekib küsimusi seoses Teie õigustega. Uuringuprojektil puudub rahastamisallikas.

Uuringu teostus:

Operatsiooni eelselt mõõdetakse Teil elektromüograafia reielihaste aktivatsioonivõime, isokineetilise jõu näitajaid, mõõdulindiga põlveliigese ja reielihaste ümbermõõdud. Operatsiooni järgselt mõõdetakse mõõdulindiga põlveliigese ja reielihaste ümbermõõdud. Uuritavad jagunevad juhuslikkuse alusel kahte uuringugruppi. Esimesse uuringugruppi kuuluvale teostatakse esmalt elektrostimulatsiooni ja seejärel külmaravi reie eesosa lihastele. Teise uuringugruppi kuuluvale teostatakse esmalt külmaravi ja seejärel elektrostimulatsiooni reie eesosa lihastele. Uuringu käigus teostatakse viiel järjestikusel päeval 5 teraapiaseansi alates esimesest operatsiooni järgest päevast. Külmaravi kestvus on 30 minutit temperatuuriga +5 kraadi. Lihaste elektrostimulatsiooni kestvus on 25 minutit sagedusega 30 Hz. Esimesel operatsiooni järgsel päeval pärast esimest raviprotseduuri teostatakse lihasaktivatsiooni mõõtmine. Seejärel tehakse Teile lihaste elektrostimulatsiooni kui eelnevalt saite külmaravi ja kui eelnevalt saite lihaste elektrostimulatsiooni, siis tehakse külmaravi. Lõpetuseks teostatakse uuesti lihasaktivatsiooni mõõtmine. Enne igat lihasaktivatsiooni mõõtmist küsitakse Teilt valu ja ebamugavustunde esinemise kohta 10 palli skaalal, kus 0 tähistab valu ja ebamugavustunde puudumist ning 10 tähistab maksimaalset valu ja ebamugavustunnet. Peale viimase protseduuri lõppu mõõdetakse uuesti mõõdulindiga põlveliigese ja reielihaste ümbermõõdud. Nelja kuu möödumisel operatsioonist mõõdetakse reielihaste aktivatsioonivõimet ja isokineetilise jõu näitajaid.

Protseduuride teostamine:

Uuring ei koorma Teid füüsiliselt ega vaimselt, ei põhjusta valu ega oma terviseriski. Teostatavad protseduurid on ohutud ja valutud. Protseduurid toimuvad privaatsetl ning kõrvalisi isikuid uuringu teostamise juures ei viibi. Protseduuride teostamisel innustatakse Teid maksimaalselt pingutama. Lihaste elektrostimulatsiooni teostatakse ebamugavuse piirini, mille üle otsustate Teie. Kui tunnete, et lihaste elektrostimulatsioon ei põhjusta

ebamugavust, siis saate tõsta voolutugevust. Kui stimulatsioon osutub ebamugavaks, siis saate voolutugevust langetada.

Nõusolek:

Mind,, on informeeritud ülalmainitud uuringust ja ma olen teadlik läbiviidava uurimistöö eesmärgist ja uuringu metoodikast (uuringuga seotud võimalikest koormamistest) ning kinnitan oma nõusolekut selles osalemiseks allkirjaga. Tean, et uuringute käigus tekkivate küsimuste ja võimalike tervisehäirete/kõrvalekallete kohta saan mulle vajalikku täiendavat informatsiooni uuringu teostajalt:

Liina Lattik

Füsioteraapia õppekava magistriõppe üliõpilane

Tartu Ülikool, Jakobi 5, 51014, Tartu

liina.lattik@gmail.com

(+372) 56254000

Suur aitäh uuringus osalemast! Uuringu tulemuste kohta antakse soovi korral üldistavat tagasisidet.

Uuritava allkiri.....

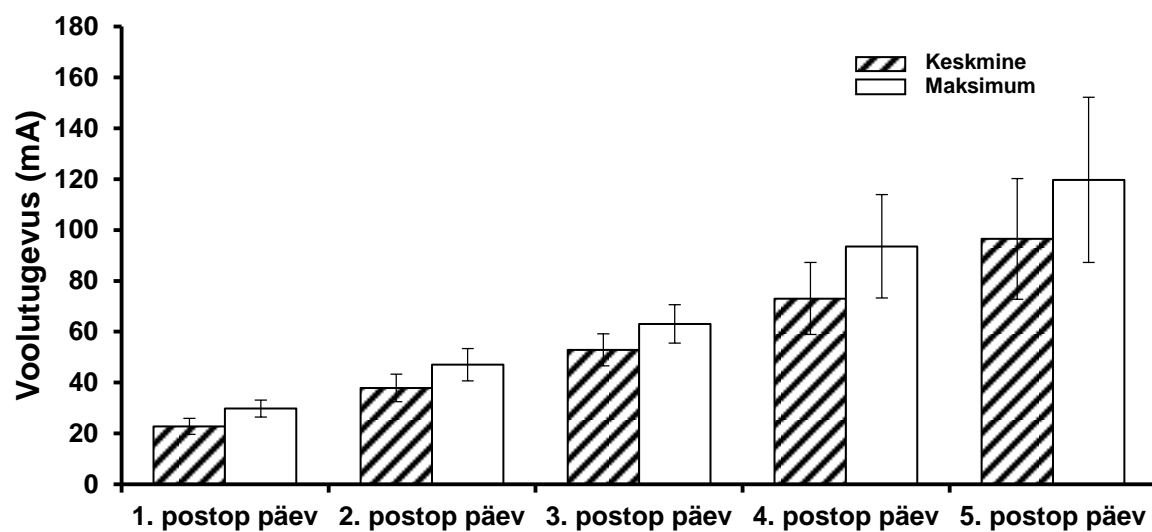
Kuupäev, kuu, aasta

Uuritavale informatsiooni andnud isiku nimi:

Uuritavale informatsiooni andnud isiku allkiri:

Kuupäev, kuu, aasta

Lisa 2. Voolutugevus lihaste elektrostimulatsioonil



Joonis 18. Voolutugevuse tõstmise progressioon lihaste elektrostimulatsioonil (mA) viie postoperatiivse päeva jooksul (n=14).

Lisa 3. Harjutuskava põlveliigese eesmise ristatasime rekonstruktsiooni järgselt

Põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsioon Postoperatiivse taastusravi protokoll patsiendile

Päev 1-7:

- Kahe küünarkargu kasutamine, opereeritud jalale toetumine jala enda raskusega, imiteerida normipärast kõnnimustrit
- Hüppeliigese liikuvusharjutused (“pumpamine”)



10-15 kordust; 2-3 seeriat; 2 korda päevas

- Tuharalihaste aktivatsioon



10-15 kordust; 2-3 seeriat; 2 korda päevas

- Reielihaste isomeetriline aktivatsioon



Pinguta lihast 10 sekundi jooksul ning lõdvesta; 10-15 kordust; 2-3 seeriat; 3-5 korda päevas

- Selililamangus põlve sirutus-painutus vastavalt taluvusele



10-15 kordust; 2-3 seeriat; 3-5 korda päevas

- Selililamangus sirge jala tõstmine



5-20 kordust; 2-3 seeriat; 3-5 korda päevas

- Kõhulilamangus sirge jala tõstmine



5-20 kordust; 2-3 seeriat; 3-5 korda päevas

- Külililamangus sirge jala tõstmine



5-20 kordust; 2-3 seeriat; 3-5 korda päevas

- Passiivsed venitusharjutused põlveliigese liikuvuse suurendamiseks.



Kõhulilamangus venitust hoida 2-3 minutit; 3-5 korda; 3-5 korda päevas.

Istudes venitust hoida 30-60 sekundit; 3-5 korda; 3-5 korda päevas.

- Seistes kahel jalal keharaskuse kandmine ette-taha ja küljelt-küljele suunas.

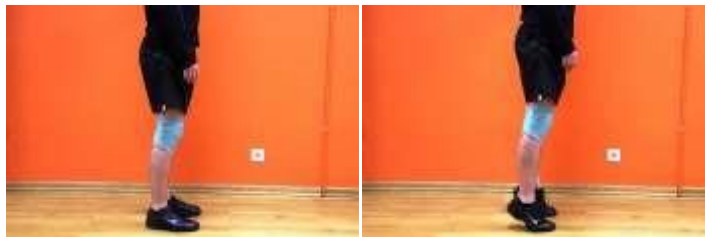


10-15 kordust; 2-3 seeriat; 1-2 korda päevas

Päev 8-14:

- Keharaskuse kandmine opereeritud jalale vastavalt taluvusele, füsioterapeudiga kooskõlastades üleminek ühele küünarkargule

- Varvastele tõus kahel jalal



10-15 kordust; 2-3 seeriat; 1-2 korda päevas

- Selililamangus sirge jala tõstmine
- Kõhulilamangus sirge jala tõstmine
- Külililamangus sirge jala tõstmine
- Minikükk seina ääres 0°-30°



Hoida asendit 5-30 sekundit; 5-10 kordust; 1-2 korda päevas.

- Opereeritud jalal seismine käte toega



5-20 sekundit; 5-10 kordust; 1-2 korda päevas

- Veloergomeeter ilma koormuseta
 - Passiivsed venitusharjutused põlveliigese liikuvuse suurendamiseks



Venitust hoida 15-30 sekundit; 3-5 korda; 3-5 korda päevas

Nädal 3-4:

- Füsioterapeudiga kooskõlastades loobumine karkudest
- Minikükk seina ääres 0°-60°
 - Ühel jalal seismine ilma toeta



5-20 sekundit; 5-10 kordust; 1-2 korda päevas

- Puusapiirkonna lihaste aktiveerimine seistes kummilindi vastupanuga (tugijalaks ainult mitteopereeritud jalg)



10-15 kordust; 2-3 seeriat; 1-2 korda päevas

- Veloergomeeter (järgjärguline koormuse tõus)
- Passiivsed venitusharjutused põlveliigese liikuvuse suurendamiseks opereerimata jalaga võrdsele tasemele

Nädal 5-8:

- Veloergomeeter (koormuse tõstmine)
- Minikükk/jalapress 0°-60° (kahel ja ühel jalal; lisaraskustega)
 - Reie tagumise grupi lihaste treening



10-15 kordust; 2-3 seeriat; 1-2 korda päevas

- Puusapiirkonna lihaste aktiveerimine seistes kummilindi vastupanuga (tugijalaks ka opereeritud jalg)

- Väljaasted 0°-60°



10-15 kordust; 2-3 seeriat; 1-2 korda päevas

- Ühel jalal seistes tasakaalu ja koordinatsiooni treening



10-15 kordust; 2-3 seeriat; 1-2 korda päevas

TÄNUAVALDUS

Sooviksin tänada oma juhendajat, professor Mati Pääsukest, abi eest uuringu planeerimisel ja magistritöö kirjutamisel. Samuti tänan Tartu Ülikooli kinesioloogia ja biomehaanika labori töötajaid osutatud abi eest. Suured tänud Tartu Ülikooli Kliinikumi Sporditraumatoloogia keskuse füsioterapeutidele abi eest uuringu praktilise osa läbiviimisel.

Suur tänu kõigile uuritavatele uuringus osalemise ja magistritöö valmimisele kaasaaitamise eest!

Autori lihtlitsents töö avaldamiseks

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Liina Lattik** (sünnikuupäev: 03.01.1993)

1. Annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud töö

Reie-nelipealihase funktsionaalse seisundi taastumise dünaamika põlveliigese eesmise ristatisideme rekonstruktsiooni järgselt meestel,

mille juhendaja on, **professor Mati Pääsuke**

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, _____